

Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

AVALIAÇÃO DA VERMICOMPOSTAGEM NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS URBANOS E A SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DO COMPOSTO PRODUZIDO

Por

Pedro Miguel Ribeiro Carteiro

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Gestão Integrada e Valorização de Resíduos, Ramo Ecomateriais e Valorização de Resíduos

Orientador:

Professora Doutora Ana Isabel Espinha da Silveira

Lisboa

2009

SUMÁRIO

A vermicompostagem de resíduos biodegradáveis (RB) permite obter um produto final, o vermicomposto, interessante para a agricultura e para outros sistemas de produção de plantas. Na verdade a vermicompostagem é também um processo, relativamente recente, de tratamento biológico de RB. Para alguns tipos de resíduos ele já revelou ser eficiente e prático, nomeadamente na reciclagem de RB agrícolas.

As características da vermicompostagem têm suscitado curiosidade, levando a que se tenham realizado testes com outros tipos de resíduos. O presente trabalho aborda a aplicação do processo da vermicompostagem no tratamento/reciclagem de resíduos urbanos (RU) de recolha indiferenciada que começou a dar os seus primeiros passos oficialmente, em Março do corrente ano, na Unidade Piloto de Tratamento Mecânico e Biológico com Vermicompostagem (UPTMBV) da Associação de Municípios do Vale do Ave (AMAVE), em Riba de Ave, concelho de Vila Nova de Famalicão.

Com o alargamento da aplicação da vermicompostagem a RU, a lamas e a outros resíduos menos convencionais começa a ganhar dimensão a importância do estudo do vermicomposto produzido nesses tratamentos e os respectivos usos possíveis.

A capacidade deste processo para reduzir os teores de metais pesados no composto produzido a partir de RU não foi confirmada com as experiências efectuadas no âmbito do presente estudo, tendo os valores obtidos sido semelhantes aos do composto produzido em unidades de Tratamento Mecânico e Biológico convencionais. Foi possível confirmar o elevado grau de maturação do composto obtido a partir deste processo.

Em relação ao balanço de massas foi possível verificar que o processo, pré-compostagem seguido de vermicompostagem e triagem de recicláveis, permite uma produção elevada de vermicomposto, a separação de uma percentagem significativa de resíduos de embalagem (RE) com potencial de reciclagem, assim como uma redução significativa dos resíduos a enviar para destino final.

Palavras-chave: vermicompostagem, resíduos urbanos, resíduo biodegradável, reciclagem, metais pesados, composto

ABSTRACT

Vermicomposting of municipal solid waste (MSW) issues a product called vermicompost or humus that is interesting to agriculture and to other processes of plants production.

Vermicomposting is also a relatively new biological process applied to treat biowaste. In fact, for some types of waste, like agricultural biowaste, vermicomposting has already proved to be an effective solution.

Vermicomposting has specific characteristics that created curiosity about the possibility of using this technology to treat other types of waste. The present report focuses on the application of vermicomposting to the treatment/recycling of unsorted municipal solid waste.

To develop this report it was used a pilot mechanical and biological treatment plant with vermicomposting (MBTV) of the Municipal Association of the Ave River (AMAVE), located in Riba de Ave, municipality of Vila Nova de Famalicão, that started operation on March-2009.

The progressive use of vermicomposting to deal with waste like sewage sludge, MSW and other less conventional types of waste makes vermicompost/humus and its use a more relevant matter to study.

The ability of this process to reduce heavy metal concentration on compost was not confirmed through the performed experiments. Regarding this parameter, vermicompost seems to be quite similar to compost produced in conventional mechanical and biological treatment plants.

It was possible to confirm the high maturation level of compost produced through this process.

Regarding mass balance, the process - precomposting followed by vermicomposting and recyclables sorting – can achieve a high vermicompost production, a remarkably high sorting rate of recyclable packaging waste and a significant reduction of final waste.

Keywords: vermicomposting, waste, biodegradable waste, recycling, heavy metals, compost

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

C - Carbono

CC - Compostagem

DA - Digestão Anaeróbia

ETAL - Estação de Tratamento de Águas Lixiviantes.

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais.

FO - Fertilizante Orgânico

GEE - Gases de Efeito de Estufa.

I&D - Investigação e Desenvolvimento.

MO - Matéria Orgânica

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PET - Politereftalato de Etileno

RB – Resíduos Biodegradáveis

RE - Resíduos de Embalagens.

RU – Resíduos Urbanos

RUB – Resíduos Urbanos Biodegradáveis

SPV - Sociedade Ponto Verde.

TB - Tratamento Biológico.

TMB - Tratamento Mecânico e Biológico.

TMBV - Tratamento mecânico e biológico (TMB) com vermicompostagem (V)

UPTMBV - Unidade Piloto de Tratamento Mecânico e Biológico com Vermicompostagem

UTMB - Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objectivos do Trabalho.....	2
2	LACUNAS DE INFORMAÇÃO	3
3	BREVE CARACTERIZAÇÃO DA GESTÃO DE RUB EM PORTUGAL.....	4
4	RESÍDUOS URBANOS BIODEGRADÁVEIS.....	6
5	DESENVOLVIMENTO DA VERMICOMPOSTAGEM	8
5.1	Considerações gerais.....	8
5.2	Tratamento de resíduos	9
5.2.1	Resíduos agrícolas e agro-industriais	9
5.2.2	Resíduos Urbanos Biodegradáveis.....	9
5.2.3	RU biodegradáveis de recolha selectiva	10
5.2.4	Tratamento de efluentes	10
5.2.5	Lamas	10
5.2.6	Resíduos verdes com água residual da suinicultura	12
5.3	Outras aplicações.....	12
6	O PROCESSO DE VERMICOMPOSTAGEM	13
6.1	Espécies de minhocas utilizadas.....	13
6.2	Sistemas de criação	16
6.3	Captura de minhocas e povoamento.....	17
6.4	Factores de produção.....	18
6.4.1	Temperatura.....	18
6.4.2	pH	19
6.4.3	Arejamento.....	19
6.4.4	Humidade.....	19
6.4.5	Teor em sais	20

6.4.6	Nutrientes.....	20
6.4.7	Luminosidade.....	20
6.5	Crivagem do húmus	20
6.6	Eventuais problemas.....	21
6.6.1	Fugas.....	21
6.6.2	Patologias	22
6.7	Controle (registo de dados e informação)	22
7	COMPOSTAGEM <i>VERSUS</i> VERMICOMPOSTAGEM	23
8	MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
8.1	Considerações prévias.....	27
8.2	Descrição da Instalação da Unidade Piloto de TMBV	29
8.2.1	Origem do projecto e parcerias.....	29
8.2.2	Objectivos e fases do projecto	30
8.2.3	Localização e arquitectura	32
8.2.4	Equipamentos	33
8.2.5	Principais fases do processo.....	39
8.2.6	Capacidade instalada.....	40
8.3	Colheita dos materiais e constituição das amostras.....	40
8.3.1	Escolha das amostras.....	40
8.3.2	Amostra com correctivo orgânico ADUBOM	41
8.3.3	Amostra com RU.....	42
8.4	Controlo do processo	45
8.4.1	Pré-compostagem.....	45
8.4.2	Vermicompostagem	47
8.5	Crivagem e triagem	48
9	RESULTADOS OBTIDOS	49
9.1	Balanço de massas	49
9.2	Caracterização do vermicomposto	50

9.2.1	Observações	50
9.2.2	Caracterização física, química e biológica das amostras.....	50
10	VALORIZAÇÃO DO VERMICOMPOSTO	53
10.1	Considerações prévias.....	53
10.2	Agricultura biológica	53
10.3	Agricultura convencional	54
10.4	Floricultura	54
10.5	Vinha e Pomares.....	55
10.6	Pastagens	55
11	CONCLUSÕES	56
11.1	Considerações gerais	56
11.2	Sugestões para Trabalhos Futuros	58
12	Bibliografia	59
13	Anexos.....	63
13.1	Datas da formação das diferentes pilhas de compostagem.....	63
13.2	Boletins de análise das amostras Composto ADUBOM e RU.....	64
13.3	Relatórios de ensaio do vermicomposto resultante da Vermicompostagem do ADUBOM (A1/0911248) e do vermicomposto da vermicompostagem da pilha n.º 5 (A1/0911248)	65
13.4	Boletim de Análise do composto ADUBOM	67
13.5	Testes de fitotóxicidade do vermicomposto resultante da Vermicompostagem do ADUBOM (Reg.91) e do vermicomposto da vermicompostagem da pilha n.º 5 (Reg.92).....	69
13.6	Testes com resíduos de embalagem PET	75
13.7	Testes com resíduos de embalagem de Vidro	80
13.8	Informação sobre a reciclabilidade dos resíduos de embalagem de PEAD e PEBD	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1 Diagrama de tratamento de lamas utilizando minhocas	11
Figura 6.1 Fotografia de um espécime de Giant Gippsland earthworm (Megascolides australis).....	14
Figura 6.2 Exemplo de três espécies de minhocas	15
Figura 6.3 Taxa de multiplicação de minhocas em função da altura dos canteiros.....	17
Figura 6.4 Sistema de separação das minhocas do húmus através de iscos com redes.....	18
Figura 7.1 Cadeia alimentar de pilha de compostagem.....	24
Figura 8.1 Aspecto geral da unidade de Vermicompostagem	32
Figura 8.2 Planta geral do edifício	33
Figura 8.3 Pilha de compostagem em plena actividade	35
Figura 8.4 Aspecto de uma cama de vermicompostagem de RU.....	36
Figura 8.5 Secagem em tabuleiros dos resíduos vermicompostados.....	37
Figura 8.6 Dois tanques para o lixiviado	38
Figura 8.7 Plásticos triados, lavados e triturados	39
Figura 8.8 Processo de afinação primária	41
Figura 8.9 Parque de maturação	42
Figura 8.10 Fossa de recepção	43
Figura 8.11 Vista geral dos três bioreactores	43
Figura 8.12 Caracterização física média dos RU da amostra em percentagem	44
Figura 8.13 Evolução da temperatura na pilha de compostagem da amostra de ADUBOM.....	45
Figura 8.14 Evolução do pH na pilha de compostagem da amostra de ADUBOM.....	45
Figura 8.15 Evolução da temperatura na pilha de compostagem da amostra de RU	46
Figura 8.16 Evolução do pH na pilha de compostagem da amostra de RU....	47
Figura 9.1 Aspectos de metais triados depois do processo de vermicompostagem	49
Figura 9.2 Balanço de massas em peso do processo em percentagem	50

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 Quantitativos de RUB admissíveis em aterro	4
Tabela 3.2 Resultados dos indicadores relativos a gestão de RUB e respectivos objectivos para 2007	4
Tabela 4.1 Caracterização física típica dos RU	6
Tabela 6.1 Comparação de alguns aspectos da biologia das espécies de minhocas utilizadas na vermicompostagem	13
Tabela 8.1 Cronograma inicial ajustado.....	27
Tabela 8.2 Quantidades, em kg, de RU, verdes e composto (ADUBOM) que deram entrada na UPTMBV	28
Tabela 8.3 Quantidades de resíduos a fornecer às empresas recicladoras para realização de testes de reciclabilidade.....	30
Tabela 8.4 Principais itens, valores de investimento e respectivas entidades responsáveis	30
Tabela 8.5 Quantidades de resíduos utilizados para a constituição da amostra	43
Tabela 8.6 Caracterização física média dos RU da amostra	44
Tabela 9.1 Balanço de massas em peso do processo em kg.....	49
Tabela 9.2 Comparação do resultado dos parâmetros das amostras com o composto ADUBOM e a quatro classes existentes na proposta de especificações técnicas sobre a qualidade do composto	51
Tabela 9.3 Resultado do teste de auto-aquecimento de Dewar para as duas amostras.....	51
Tabela 10.1 Classes de composto.....	53
Tabela 10.2 Comparação dos parâmetros da Turfa e do composto.....	54
Tabela 11.1 Resultados laboratoriais com resíduos de embalagem PET	57

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A Vermicompostagem de RB permite obter um produto final, o vermicomposto, interessante para a agricultura e para outros sistemas de produção de plantas. A actividade da vermicompostagem também assume outras denominações, nomeadamente lombricultura, lombricompostagem e minhocultura. Muitas vezes a denominação atribuída está relacionada com a actividade/objectivo principal na utilização das minhocas, sendo que é frequente referir-se o nome lombricultura e minhocultura quando se pretende produzir minhocas para comercialização (para fabrico de proteína animal, isco, venda, etc.) e vermicompostagem e lombricompostagem quando o objectivo principal é o tratamento de RB.

Este trabalho centra-se principalmente na actividade da vermicompostagem ou lombricompostagem. Esta actividade, processo de tratamento biológico de RB, tem sido aplicada com sucesso a resíduos agrícolas, nomeadamente restos de culturas e a chorumes da produção de diferentes espécies animais. Contudo, a aplicação deste processo para o tratamento de lamas de águas residuais ou à fracção orgânica dos RU aparenta ter um elevado potencial, nomeadamente na sua simplicidade, baixos custos de investimento, rapidez do processo e alto valor económico do produto final obtido (vermicomposto).

O presente trabalho aborda a aplicação do processo da vermicompostagem aplicada no tratamento/reciclagem de RU de recolha indiferenciada que começou a dar os seus primeiros passos oficialmente, em Março do corrente ano, na Unidade Piloto de Tratamento Mecânico e Biológico com Vermicompostagem (UPTMBV) da Associação de Municípios do Vale do Ave (AMAVE), em Riba de Ave, concelho de Vila Nova de Famalicão e que está inserido num projecto que envolve várias entidades, nomeadamente a Sociedade Ponto Verde (como entidade financiadora), a empresa Lavoisier (responsável pela parte técnica do projecto), a Quercus – ANCN e várias empresas na área da reciclagem de RE.

Com o alargamento da aplicação da vermicompostagem a RU, a lamas e a outros resíduos menos convencionais começa a ganhar dimensão a importância do estudo do vermicomposto produzido nesses tratamentos e os respectivos usos possíveis.

Este trabalho pode ser considerado como um contributo inicial, para o mercado Português, no estudo da tecnologia aplicada a RU com origem na recolha indiferenciada e os respectivos destinos possíveis para o vermicomposto produzido.

No tratamento da pouca informação produzida através de testes relacionados com a actividade da UPTMBV da AMAVE antevê-se que o processo tem potencial no tratamento de RU indiferenciados, nomeadamente apropria esses resíduos para processos de triagem de embalagens eficientes e produz uma elevada quantidade de vermicomposto, parte deste produzido à custa da reciclagem orgânica da fracção papel e cartão.

Os prazos previstos para o desenvolvimento das experiências na UPTMBV não foram cumpridos. Segundo o cronograma do projecto em Março este estaria concluído com a finalização da acção *“análise dos resultados e proposta de modelo económico-financeiro para o TMBV”*. O resultado directo desta situação significou a entrega em Março de um relatório de tese que, por falta de dados, não cumpriu os objectivos propostos. O presente trabalho é pois uma reformulação do referido relatório, alcançando agora satisfatoriamente os objectivos propostos, resultado do acompanhamento de experiências que decorreram entre Março até à data de entrega do presente documento. Contudo verificaram-se também atrasos, problemas logísticos e dificuldades na organização dos trabalhos a executar, devido principalmente a razões alheias ao autor do presente relatório, que comprometeram o cumprimento pleno dos objectivos.

1.2 Objectivos do Trabalho

São objectivos principais do presente trabalho:

- 1) Avaliar o comportamento da Vermicompostagem consoante as características dos RU utilizados no processo;
- 2) Caracterizar física, química e microbiologicamente o composto obtido a partir do tratamento com vermicompostagem dos RU, identificando os vários tipos de vermicomposto possíveis de obter, tornando-se este o principal objectivo do trabalho aqui proposto.

2 LACUNAS DE INFORMAÇÃO

Os referidos atrasos verificados na construção e exploração das estações de tratamento com vermicompostagem e dificuldades na organização dos trabalhos a executar foram as principais razões para a existência de lacunas de informação

Por outro lado, pode-se considerar que o tratamento de RUB com recurso à vermicompostagem está a dar os primeiros passos a nível mundial. Sendo assim, é ainda escassa a informação nessa área, não existindo documentos de referência que a sistematizem.

Em relação à aplicação da vermicompostagem a RU da recolha indiferenciada, sem qualquer tipo de separação prévia, desconhecem-se mesmo qualquer referência bibliográfica ou experiências realizadas.

Desta forma a aplicação da vermicompostagem a RU pode ser considerada inovadora, merecendo inclusive recentemente o 3.º lugar do PRÉMIO NACIONAL DE INOVAÇÃO AMBIENTAL 2009 e uma menção honrosa no GREEN PROJECTS AWARDS com a candidatura do projecto de inovação *“Aplicação da Vermicompostagem no Tratamento Mecânico e Biológico dos Resíduos Sólidos Urbanos com vista à reciclagem de embalagens de Plástico, de Vidro e de Metais.”*

3 BREVE CARACTERIZAÇÃO DA GESTÃO DE RUB EM PORTUGAL

O cumprimento das metas constantes do artigo 7º do Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, relativas à quantidade de RU biodegradáveis destinados aos aterros, traduzidas no PERSU II, está dependente da construção de novas unidades para a valorização orgânica dos resíduos. Para responder a este objectivo está prevista, no Continente, a construção de mais 15 novas unidades de valorização orgânica, designadamente 9 unidades de TMB por DA, 2 TMB por CC, 2 centrais de DA, uma CC, uma compostagem de verdes. Este reforço da capacidade instalada apenas será reflectido no ano de 2009. Actualmente, com a entrada em funcionamento do TMB da VALNOR, existem 5 unidades de TMB, uma central de CC, uma central de DA e 2 centrais de compostagem de resíduos verdes.

O Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, que transpõe a Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros estabelece os limites, que se apresentam na Tabela 3.1, de RU biodegradáveis (RUB) admissíveis em aterro tendo como base o quantitativo de RUB produzidos em 1995 (i.e. 2.252.720 t).

Tabela 3.1 Quantitativos de RUB admissíveis em aterro

Data	% Admissível (*)	Quantitativo admissível (t)
Janeiro 2006	75	1 689 540
Janeiro 2009	50	1 126 360
Janeiro 2016	35	788 452

(*) Em peso, relativamente ao quantitativo de RUB produzidos em 1995.

O facto de os objectivos para 2007, no que respeita ao desvio de MO a enviar para aterro não terem sido atingidos (ver Tabela 3.2, Pinheiro *et al*, 2008), deve-se em parte à não utilização completa da capacidade instalada de incineração e de valorização orgânica. A primeira situação deveu-se nomeadamente à paragem técnica da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (CTRSU) de São João da Talha. Em relação à valorização orgânica, os deficits registados correspondem às unidades exclusivamente apoiadas na recolha selectiva de RUB, em que não foi utilizada a totalidade da sua capacidade instalada.

Tabela 3.2 Resultados dos indicadores relativos a gestão de RUB e respectivos objectivos para 2007

Designação	Real (Mg)	Objectivo (Mg)	Indicador (%)
RUB valorizados energeticamente	541.824	631.000	86%
RUB valorizados organicamente	234.880	286.000	82%
Valorização de RUB	943.561	1.071.000	88%

Aguarda-se ainda a publicação das ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS SOBRE QUALIDADE E UTILIZAÇÕES DO COMPOSTO.

4 RESÍDUOS URBANOS BIODEGRADÁVEIS

Os RU consistem num conjunto de materiais (Tabela 4.1, APA, 2009). A matéria orgânica (MO) tem maior peso, representando 35,9% do total. Se considerarmos todos os RB (MO, papel/cartão, madeira, uma fracção dos têxteis e dos finos) existentes nos RU, podemos seguramente afirmar que estes ultrapassam, em relação ao peso total, os 60%.

Tabela 4.1 Caracterização física típica dos RU

Componente	%
Matéria Orgânica	35,9
Papel/cartão	23,7
Plástico	11,1
Vidro	5,6
Têxteis	3,4
Metal	2,4
Madeira	0,3
Finos	12
Outros	5,7
Total	100

O destino a dar aos RUB pode ser a deposição em aterro, a incineração ou a reciclagem na agricultura. O armazenamento dos RU, sem pré-tratamento e com percentagens elevadas de RUB, em aterros, bem como a incineração, são fontes potenciais de poluição e a manutenção (e monitorização) de condições sanitárias nos locais torna-se extremamente dispendiosa (Cordovil, 2004).

A reciclagem tem duas vantagens relativamente às outras duas soluções apontadas, já que a MO dos RU pode ser incorporada no solo sem alterar significativamente o equilíbrio ambiental e a sua incorporação faz aumentar o teor de MO e nutrientes. De facto, os RU contêm uma elevada quantidade de MO e C orgânico que promovem a actividade microbiana no solo. Os RU não podem, no entanto, ser utilizados directamente no solo por terem algumas limitações como a libertação de odores, a presença de patogénicos e características físico-químicas que os tornam instáveis e impróprios para utilização em fresco. Com vista a ultrapassar este problema, recorre-se à compostagem, que é um método de tratamento eficaz que permite transformar este tipo de resíduos em materiais mais estáveis e capazes de utilizar no solo. Através deste tratamento, quando devidamente conduzido, consegue-se uma eficaz redução do peso e volume dos resíduos, eliminação de odores, destruição dos patogénicos e conversão dos nutrientes em formas mais facilmente acessíveis para as plantas. A compostagem aumenta ligeiramente a concentração de

alguns elementos, tais como o fósforo (P) e metais pesados sob as formas pouco solúveis, mas pode baixar o teor de N por perda de NH_3 por volatilização e o teor de potássio (K) por lixiviação, pelo que estes nutrientes são frequentemente fornecidos com recurso a adubos minerais de modo a suprimir as necessidades das plantas (Cordovil, 2004). A utilização adequada do composto em Agricultura, traz benefícios para o sistema solo-planta, citando-se, entre outros, o aumento da capacidade de retenção de água e ar e a regularização do fornecimento de nutrientes às plantas, especialmente aquando da adição de fertilizantes (Holmes, 1981 em Silveira, 1987).

5 DESENVOLVIMENTO DA VERMICOMPOSTAGEM

5.1 Considerações gerais

A criação de minhocas (minhocultura) é uma actividade recente e desconhecida do grande público. Nos países da América do Sul, ela teve início no final de 1983 com matrizes trazidas, da Itália, pelo Comendador Lino Morganti, para a sua propriedade em Itu (estado de São Paulo).

Na década de 40 do século passado, nos EUA (Estados Unidos da América), Thomas Barret, considerado o "pai" da criação de minhocas em cativeiro, foi o primeiro a demonstrar a viabilidade de produção em larga escala, através de um sofisticado sistema de canteiros, daí ser esse país considerado a pátria da minhocultura. O comércio de minhocas vivas, como isco para a pesca desportiva, tem sido o grande responsável pelo desenvolvimento da minhocultura em muitos países. O Dr. Henry Hopp, do Departamento de Agricultura dos EUA, publica "*A acção da minhoca na fertilidade do solo e na produtividade agrícola*"; daí entende-se que foram os EUA, o primeiro país a promover a criação da minhoca com interesse comercial, criando um negócio que hoje envolve milhões de dólares (SBRT, 2008).

Actualmente, entre os principais países criadores, destacam-se o Canadá, Inglaterra, Alemanha, Japão, Austrália e Itália (SBRT, 2008).

Em Portugal, nos anos 80 e 90 houve um grande desenvolvimento da actividade da vermicompostagem ou lombricultura, contudo os motivos subjacentes a esta actividade foram o lucro fácil, de alguns, num negócio em pirâmide. O negócio consistia na produção de vermicomposto¹ e minhocas para posterior venda da "actividade" a terceiros, foram inclusive criadas Cooperativas Agrícolas para o devido enquadramento legal do negócio. Segundo um Acórdão do Tribunal da Relação do Porto (Processo: 0051741, Nº Convencional: JTRP00030797 de 5 de Fevereiro de 2001), que relata um litígio de um produtor contra uma Cooperativa Agrícola, os valores comercializados dos produtos da vermicompostagem eram os seguintes:

- Dois milhões de minhocas: 2.500.000\$00 (12500 euros);
- Um litro de húmus: 22\$00 (11 cêntimos)

Este tipo de actividade, entretanto, cessou com prejuízo elevado dos últimos investidores no negócio.

¹ Referido na altura também como húmus

5.2 Tratamento de resíduos

Uma grande variedade de resíduos orgânicos, urbanos, agrícolas e lamas podem ser tratados por vermicompostagem (Herlihy, 2008).

Já foram identificados os seguintes materiais para alimentação de minhocas e produção de vermicomposto e consequentemente a possibilidade de utilizar minhocas para o respectivo tratamento desses materiais residuais: foi verificado que o crescimento das minhocas pode acontecer, criando-se as condições adequadas, no tratamento de RU, vários tipos de estrume animal, em fracções sólidas efluentes suinícolas, excrementos humanos, diversos resíduos vegetais, resíduos alimentares, resíduos domésticos, biomassa microbiana tal qual ou enriquecidos com celulose, muitos tipos de águas residuais e misturas de alguns destes materiais (Bertoldi, *et al*, 1986).

São apresentados a seguir, de uma forma não exaustiva, alguns exemplos de tratamento de resíduos com recurso à vermicompostagem.

5.2.1 Resíduos agrícolas e agro-industriais

No Reino Unido tem havido desenvolvimento no tratamento dos resíduos de explorações agrícolas. As características biológicas e ecológicas da *Eisenia foetida* e mais cinco potenciais espécies são prometedoras. Têm sido criados métodos, onde é controlada a temperatura e a humidade, que permitem tratar, em duas a quatro semanas, resíduos da produção de suínos, bovinos, patos, peru e batatas (Gasser, 1985).

O estrume sólido de bovinos é um dos resíduos animais onde as minhocas se adaptam melhor. Estes resíduos geralmente não contêm materiais que são desfavoráveis ao seu crescimento, excepto quando se apresenta muito fresco. Os sólidos devem ser separados das suspensões, antes de poderem ser utilizados para cultivar minhocas se uma forma satisfatória, mas os líquidos podem ser adicionados de volta aos sólidos, numa fase posterior (Herlihy, 2008).

Os resíduos de batata, as cascas e resíduos da indústria dos congelados, são ideais para o crescimento das minhocas necessitando de pouca alteração em termos de humidade (Edwards *et al* 1985, em Herlihy, 2008).

5.2.2 Resíduos Urbanos Biodegradáveis

A fase termofílica da compostagem dos RUB garante condições para a vermicompostagem. A utilização dos RUB para a produção de fertilizante é tecnicamente viável, através da compostagem ou da vermicompostagem (Loureiro, *et al*, 2007).

Numa experiência onde se degradaram RU através da vermicompostagem, do ponto de vista químico, obteve-se maior concentração de N mineral em comparação com a testemunha (RU sem vermicompostagem) (Battirola, *et al*, 1998).

Em alguns países, como os EUA, são dados subsídios e/ou empréstimos com taxas de juros baixas para estimular os criadores e em algumas cidades existem programas com a participação da comunidade, tanto na transformação do resíduo doméstico em vermicomposto como na reciclagem de plantas e flores nos jardins das casas (SBRT, 2008).

5.2.3 RU biodegradáveis de recolha selectiva

Em Junho de 2007 foi anunciado o tratamento dos resíduos dos restaurantes da McDonald's em Hong Kong, prevendo-se uma redução de colocação em aterro sanitário a médio prazo em 90%. O tratamento fica a cargo da empresa Sunburst Biotechnologies Limited (www.sunburst-biotech.com) no tratamento diário de resíduos da cadeia McDonald's Hong Kong que pode variar entre as 50 a 200 toneladas (Boazman *et al*, 2007).

Os RU, incluindo recortes relva e árvores folhas, bem como papel/cartão e restos de alimentos recolhidos em supermercados e restaurantes, têm todas as características para o crescimento de minhocas, especialmente quando triturados e devidamente misturados antes de serem aplicados no processo (Haimi Huhta 1988 e Edwards 1995 em Herlihy, 2008).

5.2.4 Tratamento de efluentes

Existem estudos que indicam existir viabilidade técnica da utilização da vermicompostagem, e do vermicomposto, no tratamento de lixiviado de células antigas de aterros sanitários (Reichert, 2002). Genericamente a técnica consiste na rega do vermicomposto contendo minhocas com o efluente (lixiviado) de aterro, a espécie utilizada nos estudos foi a *Eisenia foetida*.

5.2.5 Lamas

As lamas de tratamento de águas residuais, também conhecidas como biossólidos, são um excelente material para o crescimento de minhocas. Várias pesquisas recentes mostram que a compostagem com minhocas reduz significativamente o potencial patogénico existente nos biossólidos e consequentemente o vermicomposto pode ser classificado pelos critérios da EPA (United States Environmental Protec-

tion Agency) como "qualidade excepcional de bio sólidos" (Eastman *et al*, 2000 em Herlihy, 2008).

A calagem (adição de calcário) durante a compostagem é a forma mais comum de diminuir o número de microrganismos patogénicos, enquanto alguns metais pesados, como o cobre e o zinco, as suas concentrações podem ser naturalmente reduzidas (através de bioacumulação) pela acção das minhocas durante a vermicompostagem (Sousa *et al*, 2009).

O tratamento de lamas com minhocas pode ser utilizado para reduzir os odores e melhorar outras propriedades das lamas municipais para facilitar a sua reutilização como um condicionador do solo (EPA, 1979). A Figura 5.1 (EPA, 1979) representa o diagrama de tratamento de lamas proposto pela EPA no seu manual de Setembro de 1979 "Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal (EPA/625/1-79/011).

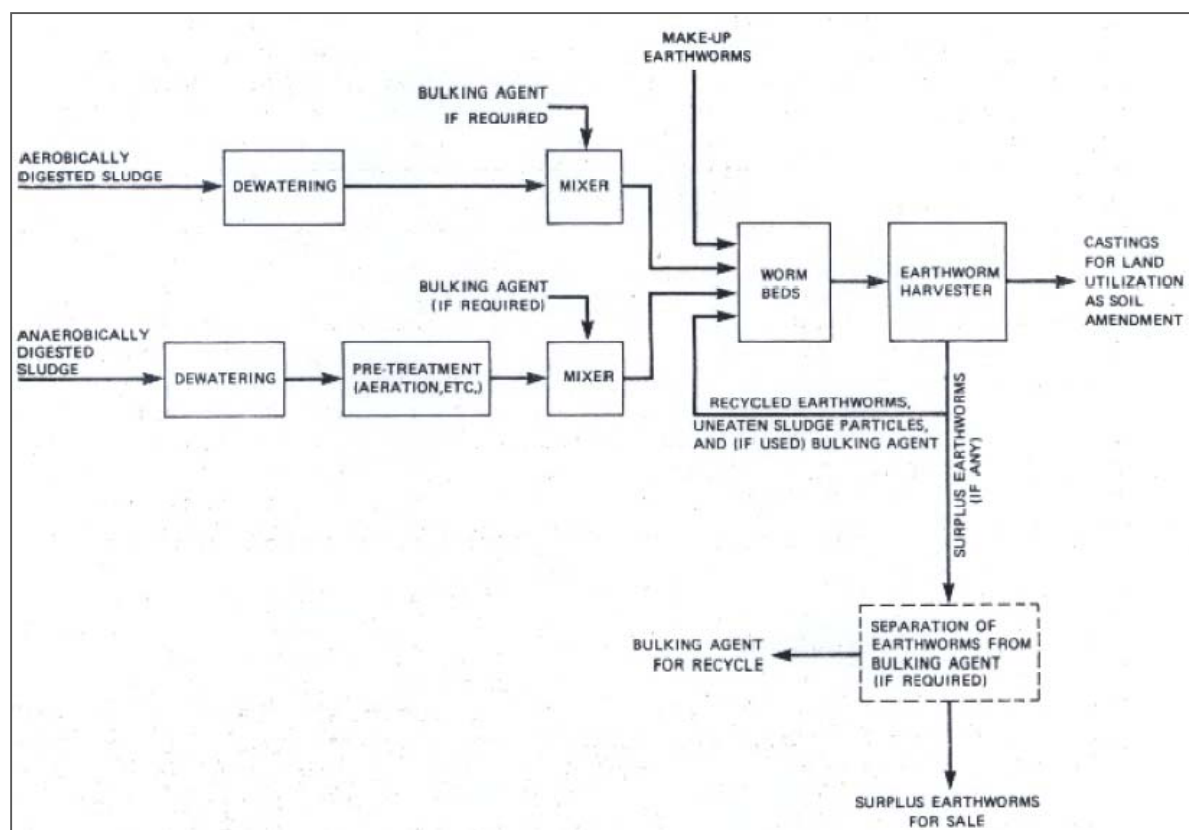


Figura 5.1 Diagrama de tratamento de lamas utilizando minhocas

A empresa Agraçor, Lda, a maior suinicultura portuguesa, situada na Ilha de São Miguel (Açores) trata diariamente 150t de efluentes suinícolas, 11t de excrementos de galinhas e 2t de outros resíduos (nomeadamente óleos alimentares) através da DA. Há mais de dez anos que trata as lamas digeridas pelo processo de

vermicompostagem, vendendo o húmus localmente (por exemplo, estufas de produção de ananás).

5.2.6 Resíduos verdes com água residual da suinicultura

A integração das técnicas de compostagem e vermicompostagem promoveu a estabilização dos resíduos verdes, juntamente com a água residual da suinicultura, possibilitando o uso do produto final (vermicomposto) como adubo orgânico na agricultura. Pode-se utilizar a água residual da suinicultura em substituição de ativadores comerciais como agente inoculante na compostagem de RB, visando a obtenção subsequente de um vermicomposto (Suszek *et al*, 2005).

5.3 Outras aplicações

Na literatura é referida com frequência a utilização da lombricultura na produção de minhocas para o fabrico de proteína, iscos vivos para pesca, indústria farmacêutica, alimentação animal, etc..

6 O PROCESSO DE VERMICOMPOSTAGEM

6.1 Espécies de minhocas utilizadas

Através da Tabela 6.1 (Edwards, 2004) é possível compararem-se algumas características das principais espécies de minhocas utilizadas na vermicompostagem.

Tabela 6.1 Comparação de alguns aspectos da biologia das espécies de minhocas utilizadas na vermicompostagem

	<i>Eisenia fetida</i>	<i>Eisenia andrei</i>	<i>Dendrobaena rubida</i>	<i>Dendrobaena veneta</i>	<i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Drawida nepalensis</i>	<i>Eudrilus eugeniae</i>	<i>Perionyx excavatus</i>
Color	Brown and buff bands	Red	Reddish purple	Reddish and purple bands	Reddish brown	?	Reddish brown	Reddish brown
Size of adult worms	4 to 8 mm × 50 to 100 mm	4 to 8 × 50 to 100 mm	3 to 4 × 35 to 60 mm	5 to 7 × 50 to 80 mm	4 × 70 to 150 mm	?	5 to 7 × 80 to 190 mm	4 to 5 × 45 to 70 mm
Mean weight of adults	0.55 g	0.55 g	0.25 g	0.92 g	0.80 g	0.82 g	2.7–3.5 g	0.5–0.6 g
Time to maturity (days)	28–30	21–28	54	65	74–91	34–42	40–49	28–42
Number of cocoons day ⁻¹	0.35–0.5	0.35–0.5	0.20	0.28	0.07–0.25	0.15	0.42–0.51	1.2–2.7
Mean size of cocoons	4.85 × 2.82 mm	4.86 × 2.64 mm	3.19 × 1.97 mm	3.14 × 1.93 mm	3.50 × 2.46 mm	?	?	?
Incubation time (days)	18–26	18–26	15–40	42.1	35–40	24	12–16	18
Hatching viability (%)	73–80	72	85	20	60–70	75–81	75–84	90
Number of worms cocoon ⁻¹	2.5–3.8	2.5–3.8	1.67	1.10	1	1.93	2–2.7	1–1.1
Self-fertilization	+	+	+	?	–	+	–	?
Life cycle (days)	45–51	45–51	75	100–150	120–170	100–120	50–70	40–50
Limits and optimal T	25°C (0–35°C)	25°C (0–35°C)	?	25°C (15–25°C)	?	?	25°C (16–30°C)	25–37°C
Limits and optimal moisture	80–85% (70–90%)	80–85% (70–90%)	?	75% (65–85%)	?	?	80% (70–85%)	75–85%

As espécies de minhocas que frequentemente ocorrem nas pilhas de compostagem exigem matéria orgânica muito abundante e temperatura elevada. Estão neste caso as *Eisenias*, a *Lumbricus rubellus* a *Dendrobaena rubida* que costumam viver associadas (Heitor, 1958). Estas espécies têm boa capacidade de adaptação e vivem em ambientes muito diferentes. Elas digerem quase todo o tipo de MO em fase de decomposição, bem como muitos outros tipos de materiais que contenham substâncias orgânicas que possam ser ingeridos (Martin *et al*, 2008).

Mundialmente, são criadas em cativeiro três espécies principais de minhocas: *Eisenia foetida*, *Lumbricus rubellus* e *Eudrilus eugeniae*, as duas primeiras são comumente conhecidas pela “Vermelha da Califórnia” e a última por Gigante Africana (Peressinato, 2001).

Estas espécies pertencem ao reino dos Animalia. Os Anelídeos são invertebrados e englobam cerca de 12000 espécies que colonizam todos os tipos de habitats. Incluem as minhocas-da-terra e as sanguessugas, talvez os membros mais conhecidos deste grupo, além de um grande número de outras espécies marinhas e de água doce. As suas dimensões são variáveis, podendo ir desde os poucos milímetros dos poliquetas intersticiais aos cerca dos 3 metros da minhoca-da-terra

gigante da Austrália (Giant Gippsland Earthworm, ver Figura 6.1, Scienceblogs, 2008). Os Anelídeos possuem um corpo mole, mais ou menos cilíndrico e segmentado. A segmentação, observável externamente, origina internamente vários compartimentos numa ampla cavidade corporal (o celoma). Esta característica condiciona praticamente todos os aspectos estruturais e funcionais dos Anelídeos.



Figura 6.1 Fotografia de um espécime de Giant Gippsland earthworm (*Megascolides australis*)

Os Anelídeos são Protostômios e a maioria dos zoólogos reconhecem neles a existência de dois subgrupos: os Poliquetas (Classe Polychaeta) e os Clitelados (Classe Clitellata), sendo estes, por sua vez, subdivididos em Oligoquetas (Subclasse Oligochaeta) e em Hirudinóideos (Subclasse Hirudinoidea).

Os Oligoquetas podem ser encontrados em ambiente aquático, tanto em águas doces como marinhas, mas sobretudo em ambiente terrestre. Este grupo inclui uma das espécies mais conhecidas de Anelídeos, a minhoca-da-terra (*Lumbricus terrestris*).

Conhecem-se cerca de 3500 espécies, entre as quais apenas 200 são marinhas. Quer as espécies de água doce, quer as espécies marinhas, são de pequenas dimensões, sendo no ambiente terrestre que se encontram as espécies de maiores dimensões, como a minhoca-da-terra com cerca de 10-12 cm, ou mais, e o gigante Australiano (*Megascolides australis*) que pode atingir 3 m (Quintino, 2001).

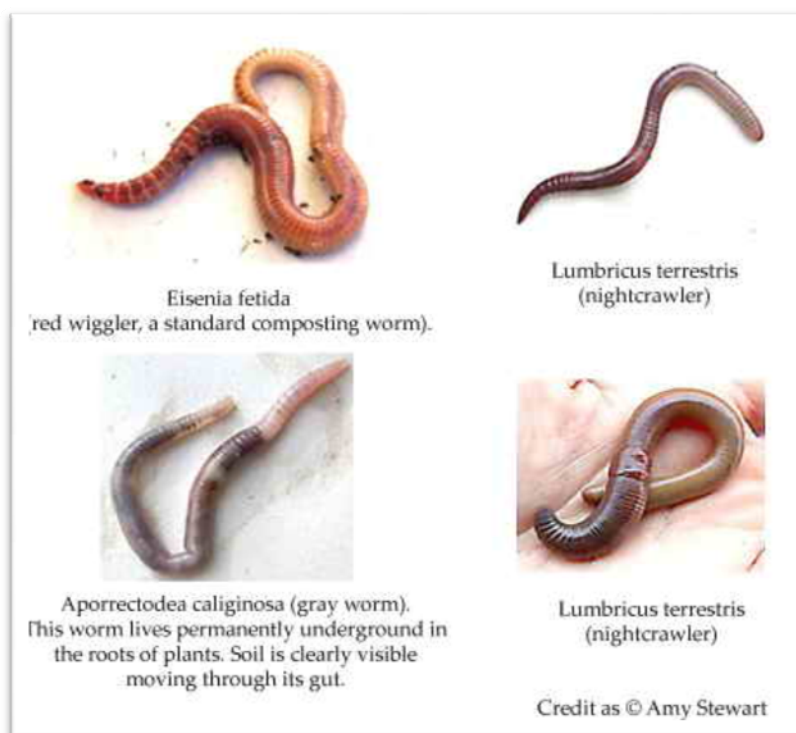


Figura 6.2 Exemplo de três espécies de minhocas

O oligoqueta *Eisenia foetida* (ver Figura 6.2, Ibrahim, 2008), vulgarmente conhecido por Minhoca Vermelha da Califórnia, pertence à família *Lumbricidae*. Vive junto à superfície do solo e é comum em terrenos húmidos nas zonas rurais portuguesas. Apresenta uma coloração vermelho escura e pode medir entre 6 e 12 cm de comprimento.

Esta espécie é extraordinariamente prolífica: após atingir a maturidade sexual, cerca do terceiro mês de vida, deposita a cada 10 dias um casulo que pode conter de 2 a 20 embriões, os quais eclodem 14 a 20 dias mais tarde. É também muito voraz, podendo ingerir por dia uma quantidade de matéria orgânica equivalente ao seu peso. Por estes motivos, a *Eisenia foetida* é uma das espécies mais utilizadas na vermicompostagem (Quintino, 2001). De origem europeia (região centro-ocidental), com reprodução antigônica (hermafrodita que acasalam para troca de esperma) com actividade sexual durante o ano todo, produzindo grande quantidade de vermicomposto (SBRT, 2008).

As outras duas espécies, mais utilizadas na vermicompostagem, são (SBRT, 2008):

b) *Lumbricus rubellus*: é originária da Europa (região centro-ocidental), possui como habitat as camadas superficiais do solo. Também é antigônica e com actividade sexual durante todo o ano, produzindo grande quantidade de matéria orgânica.

c) *Eudrilus eugeniae*: tem hábitos noturnos, esta espécie é originária da África Ocidental, vulgarmente conhecida como 'gigante africana'. Sua reprodução é sempre antigônica com grande actividade sexual durante todo o ano.

6.2 Sistemas de criação

O projecto para a vermicompostagem deve ter em conta as condições ambientais que são essenciais para sustentar a vida das minhocas. Os principais factores críticos são a temperatura, a humidade e o teor de oxigénio.

Os factores operacionais, como a densidade de minhocas e da natureza da alimentação (resíduos) também são importantes para o desempenho do sistema. Os seres vivos envolvidos (minhocas e outros) são mesofílicos (temperaturas mínima de 5 ° C, máxima 35 ° C). Em temperaturas mais altas as minhocas morrerão, a baixas temperaturas, as suas actividades serão significativamente reduzidos (Tucker, 2005).

As minhocas podem ser criadas através de:

- Canteiros;
- Leiras;
- Caixas.

Para quem inicia a criação, o sistema de canteiros, também chamado cama, é o mais utilizado (Peressinoto, 2001).

Seja qual for o sistema de criação escolhido este deve ser instalado numa superfície com uma inclinação de 2 a 5%. Esta inclinação é muito importante para garantir a adequada drenagem do lixiviado.

A alimentação com os resíduos deve ser em camadas de 25 a 30 cm até atingir um máximo de 2 m. A cama deve ser regada até atingir o teor de humidade adequado. No Verão a espessura desta camada deverá ser menor e no Inverno cerca de 30 cm.

Experiências realizadas (Hernández *et al*, 2003) demonstraram que a altura ideal para elevadas taxas de reprodução das minhocas corresponde aos 25 cm.

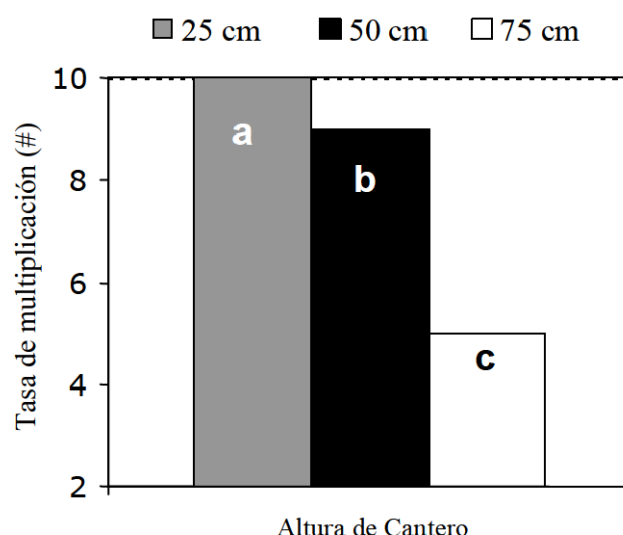


Figura 6.3 Taxa de multiplicação de minhocas em função da altura dos canteiros

6.3 Captura de minhocas e povoamento

São referidos vários processos para a captura de minhas (Longo, 1995), no caso de se pretender comercializar estes animais podem ser utilizados os seguintes:

- ✓ Descargas eléctricas de baixa voltagem,
- ✓ Vibração,
- ✓ Peneiração,
- ✓ Tambor rotativo (crivagem)
- ✓ Operação manual por camadas.

É recomendado a último processo por causar menos mortandade entre as minhocas. O processo consiste em colocar o vermicomposto, em camadas de 8 a 10 cm sobre uma mesa exposta a uma luz intensa. As minhocas vão ter a tendência de passarem rapidamente para a parte mais profunda da camada. Deve-se retirar com cuidados as camadas superficiais do vermicomposto até ficar-se com uma camada de 2 a 3 cm, aí vão estar concentradas a maior parte das minhocas. Nas restantes camadas que entretanto foram retiradas vão estar minhocas juvenis e ovissacos pelo que se recomenda a rápida colocação desse material em local adequando (novo povoamento ou numa cama de vermicompostagem) ou então proceder ao respectivo embalamento para venda.

Para o povoamento devem ser utilizados cinco a seis ou mais litros de minhocas por metro quadrado de canteiro (SBRT, 2008). A quantidade de litros de minhocas a utilizar está directamente relacionada com a quantidade de resíduos a tratar e na rapidez que se pretende para o processo.

A captura de minhocas para o povoamento de nova cama pode ser com recurso a um sistema de isco, semelhante ao da Figura 6.4 (Schiedeck *et al*, 2006).



Figura 6.4 Sistema de separação das minhocas do húmus através de iscos com redes

6.4 Factores de produção

Para que a produção de minhocas se desenvolva a níveis adequados para os fins pretendidos é importante que se proporcionem sempre as melhores condições possíveis ao nível dos cinco seguintes factores:

- ✓ Temperatura,
- ✓ pH
- ✓ Arejamento,
- ✓ Humidade
- ✓ Teores em sais
- ✓ Nutrientes
- ✓ Luminosidade

6.4.1 Temperatura

A exemplo do que ocorre com todos os organismos vivos, a temperatura tem grande influência na actividade, metabolismo, crescimento, respiração e reprodução das minhocas.

Temperaturas elevadas ocasionam a morte de muitas minhocas, uma vez que o limite máximo de temperatura suportável para as minhocas está bem abaixo do observado para outros invertebrados (Peressinoto, 2001).

É importante que as unidades de vermicompostagem tenham previstos sistemas para minimizar o impacto de temperaturas extremas, sejam elas elevadas ou baixa, nos canteiros de tratamento.

O intervalo de temperatura óptima para a criação das minhocas *D. veneta* e *E. fetida* é considerado, na vermicompostagem, de 15 a 25 °C (VEOLIA Environmental Trust, 2006).

6.4.2 pH

Deve-se manter o pH na faixa dos 6,8 a 7,2 (Sherman, 2003).

6.4.3 Arejamento

Níveis elevados de gordura, humidade excessiva combinada com deficiente arejamento podem proporcionar condições anaeróbicas no sistema de vermicompostagem. As minhocas podem sofrer elevada mortalidade em parte porque são privadas de oxigénio e também devido às substâncias tóxicas (por exemplo, amónia) produzidas em tais condições. Esta é uma das principais razões para não incluir carne ou resíduos oleosos no processo de vermicompostagem, a menos que tenham sido pré-compostados para os degradar (Garg *et al*, 2006).

6.4.4 Humidade

Devido às características da sua pele a minhoca é particularmente sensível à falta de água. Quando o ambiente é seco, perde grande quantidade de água por transpiração. Logo, só consegue viver em locais muito húmidos. Quando não tem a pele húmida, não consegue realizar trocas gasosas e morre com falta de oxigénio.

O corpo da minhoca é constituído por 80 % de água. A manutenção desse teor é de fundamental importância para a actividade, reprodução e população de minhocas.

Dessa forma os canteiros devem ser mantidos mais ou menos dentro desse teor de humidade (Peressinoto, 2001).

A rega dos canteiros é muito importante no processo, pois além de propiciar a manutenção do nível de humidade adequado, também contribui para o controle da temperatura dos mesmos.

A humidade em cerca de 70% vai facilitar a ingestão de alimentos e o deslizamento das minhocas através dos resíduos. O excesso de humidade origina colmatção e uma oxigenação deficiente (Romulo *et al*, 2007).

O método empregado deverá preferencialmente, propiciar uma rega homogénea, lenta e de forma pulverizada, não sendo recomendável a utilização de jactos directos sobre os canteiros.

Da mesma forma que na agricultura, vários métodos de irrigação, com algumas adaptações, podem ser utilizados na vermicompostagem a saber (Peressinoto, 2001):

- ✓ Regador de mão;
- ✓ Mangueira com esguicho;
- ✓ Micro aspersores fixos/móveis;
- ✓ Aspersores convencionais móveis

A irrigação do canteiro deverá ocorrer ao fim do dia (Longo, 1995), no sentido de se minimizar as perdas de humidade por evapotranspiração.

6.4.5 Teor em sais

As minhocas são muito sensíveis aos sais, preferindo um teor de sal inferior a 0,5%. Muitos tipos de estrume têm alto teor de sal solúvel (até 8%). Geralmente não é um problema quando o estrume é usado como alimento, porque o material é normalmente aplicado no topo, onde as minhocas podem evitar até que os sais sejam lixiviados ao longo do tempo pela rega ou precipitação. Se os estrumes forem para ser utilizados como cama, primeiro é necessário reduzir o teor de sal. Se o estrume sofrer uma pré-compostagem o problema dos teores de sais deixa de se colocar (Munroe, 2008).

6.4.6 Nutrientes

A forma mais fácil e prática de manusear a alimentação é no sistema de camadas. Uma camada inicial de 20 cm de estrume é colocada no canteiro juntamente com a população inicial de minhocas. Para uma camada de 20 cm de altura e 1 m² de superfície, recomenda-se uma população inicial de 1000 a 1200 minhocas adultas. A segunda camada de 20 cm é colocada somente quando a primeira tiver sido toda consumida. Assim, as minhocas tendem a migrar da camada de baixo para a de cima, onde há alimento novo (Schiedeck *et al*, 2006).

6.4.7 Luminosidade

A isenção de luminosidade é um factor decisivo para uma alta multiplicação de minhocas (Longo, 1995). Por outro lado a presença de luz pode prevenir, em dias de trovoadas, a fuga das mesmas.

6.5 Crivagem do húmus

Mesmo sendo grandes produtoras de composto, apenas 60% da matéria orgânica é consumida pela minhoca *Eisenia foetida* é transformada em vermicom-

posto. Os restantes 40% a minhoca utiliza para o seu próprio desenvolvimento e reprodução. Assim, para cada dez kg de resíduos serão produzidos aproximadamente seis kg de vermicomposto (Schiedeck *et al*, 2006).

6.6 Eventuais problemas

6.6.1 Fugas

A fuga de minhocas normalmente ocorre no período nocturno, principalmente quando chove e com a ocorrência de trovões. O encharcamento do canteiro mal drenado, bem como o barulho causado pelos trovões e o impacto da chuva no canteiro contribuem para deixá-las mais stressadas.

As minhocas não possuem noção de direcção, desta forma, a fuga ocorre num raio de 360 ° C, com isso, muitas delas se perdem ou morrem com a luz solar da manhã, se antes não encontrarem local para se alojarem.

As minhocas também fogem quando as condições de humidade e temperatura não lhes são favoráveis, ou quando há falta de alimentos.

Para reduzir a fuga das minhocas, podem recomendar-se algumas precauções:

- ✓ Instalação de lâmpadas sobre os canteiros, que serão acesas durante a noite, em dias de chuva, pois as minhocas têm aversão a luz (fotofobia).
- ✓ Instalações de calhas invertidas nas paredes laterais dos canteiros, uma vez que as minhocas não se movimentam de cabeça para baixo. Essas calhas podem ser confeccionadas com folhas de flandres e fixadas com parafusos de forma a permitir sua remoção para facilitar as operações nos canteiros.

Tendo em consideração que as precauções práticas recomendadas, não possuem plena eficiência e objectivando a recuperação dos exemplares evadidos, é comum a utilização de pequenos montes ou leiras de estrume ao redor dos canteiros. Pois as minhocas quando fogem, principalmente nas noites de chuva, abrigam-se no primeiro monte de estrume que encontram. Desta forma, logo pela manhã, após uma noite de chuva, é realizada a recaptura manual das minhocas nos pequenos montes (Peressinoto, 2001).

6.6.2 Patologias

Ao que se sabe a minhoca não sofre nem transmite doenças, mas há um problema que pode afectar a sua saúde: a síndrome proteica (Díaz, 2002).

A intoxicação proteica, é causada pela presença de um alto teor de proteína disponível em alguns alimentos e que não é processada pelas minhocas.

A proteína em excesso favorecem a proliferação de microrganismos, cuja actividade gera gases e aumenta a acidez do meio.

As minhocas vão comer alimentos com excessiva acidez e não vão conseguir neutralizá-los com suas glândulas calcíferas. Portanto, a fermentação ocorre no buraco do ventrículo causando inflamação.

Os sintomas mais comuns são inchaço da área do clitelo, levando a uma redução geral da actividade. Como medida de correcção deve-se remover o material, para provocar arejamento, e aplicar carbonato de cálcio (Romulo *et al*, 2007).

6.7 Controle (registo de dados e informação)

Em qualquer processo, mesmo pequeno, deve existir o cuidado de fazer, diariamente, anotações com o objectivo de evitar perdas de dados e informação, pois somente assim poder-se-á tirar maior proveito das experiências adquiridas (SBRT, 2008).

No registo de dados, que deve ser preferencialmente diário, deve dar-se especial atenção aos seguintes parâmetros: temperatura, pH, arejamento, humidade, teores em sais, nutrientes (tipo de resíduos em tratamento) e luminosidade.

7 COMPOSTAGEM VERSUS VERMICOMPOSTAGEM

Não existe uma definição universal aceite para a compostagem (Haug, 1993). Das definições seguintes pode obter-se uma ideia aproximada do processo e respectivos objectivos da compostagem.

“Compostagem, é a decomposição de materiais orgânicos heterogéneos, por acção microbiana sob condições ambientais controladas (Gray et al, 1971a em Silveira, 1987).”

“A compostagem é hoje definida como um processo aeróbio controlado, desenvolvido por uma população de microrganismos, que se realiza em duas fases distintas: na primeira ocorrem as reacções bioquímicas de maturação, predominantemente termofílicas, e na segunda ocorre o processo de humificação (Neto et al, 1992).”

“Compostagem, é a decomposição biológica e estabilização de substratos orgânicos, em condições de permitir o desenvolvimento de temperaturas termofílicas em resultado do calor libertado pela actividade biológica, para produzir um produto final que é estável, livre de patogénicos, de plantas e sementes, e pode ser aplicada benéficamente à terra (Haug, 1993).”

“Degradação biológica aeróbia dos resíduos orgânicos até à sua estabilização, produzindo uma substância húmica (composto) utilizável como corrector de solos; pode ser efectuada em pilhas estáticas, pilhas com revolvimento ou em reactor (Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro de 2007).”

“Degradação biológica aeróbia dos resíduos orgânicos até à sua estabilização, produzindo uma substância húmica (Composto) utilizável como correctivo orgânico do solo (APA (não editado), Outubro 2008).”

Os principais objectivos da compostagem, qualquer que seja o sistema adoptado, são: higienizar, estabilizar e humificar a matéria orgânica. Estes objectivos poderão ser facilmente conseguidos desde que o sistema em questão seja convenientemente operado (Neto et al, 1992).

Um composto que sofreu compostagem durante menos tempo do que outro pode estar mais estabilizado, se evoluiu em melhores condições. O problema está na definição do momento a partir do qual é desnecessário manter o produto em compostagem (Silveira, 1987).

O período de compostagem não deve ser uma condição fixa ou imposta pelo gerente de operação de estação (como frequentemente acontece) mas sim uma condição resultante: das necessidades em termos biológicos, do tipo de resíduos, do

processo e do sistema de compostagem seleccionados, das condições climáticas locais, etc. (Neto *et al*, 1992).

Existem hoje no mercado inúmeros “sistemas fechados” de compostagem, alguns em constante adaptação tecnológica, outros já testados e desactivados em alguns países da Europa. Alguns destes últimos, por incrível que pareça, apesar de já terem provado ser totalmente insatisfatórios, continuam a ser vendidos para os países em desenvolvimento acompanhados de garantias ilusórias como a de que permitem a produção de composto em tempos recorde de alguns dias (Neto *et al*, 1992).

A maior parte dos organismos activos no processo de compostagem (Figura 7.1, Diaz *et al*, 1993) são microrganismos. Os grupos de microrganismos activos no processo de compostagem são as bactérias e os fungos e alguns protozoários (Diaz *et al*, 1993).

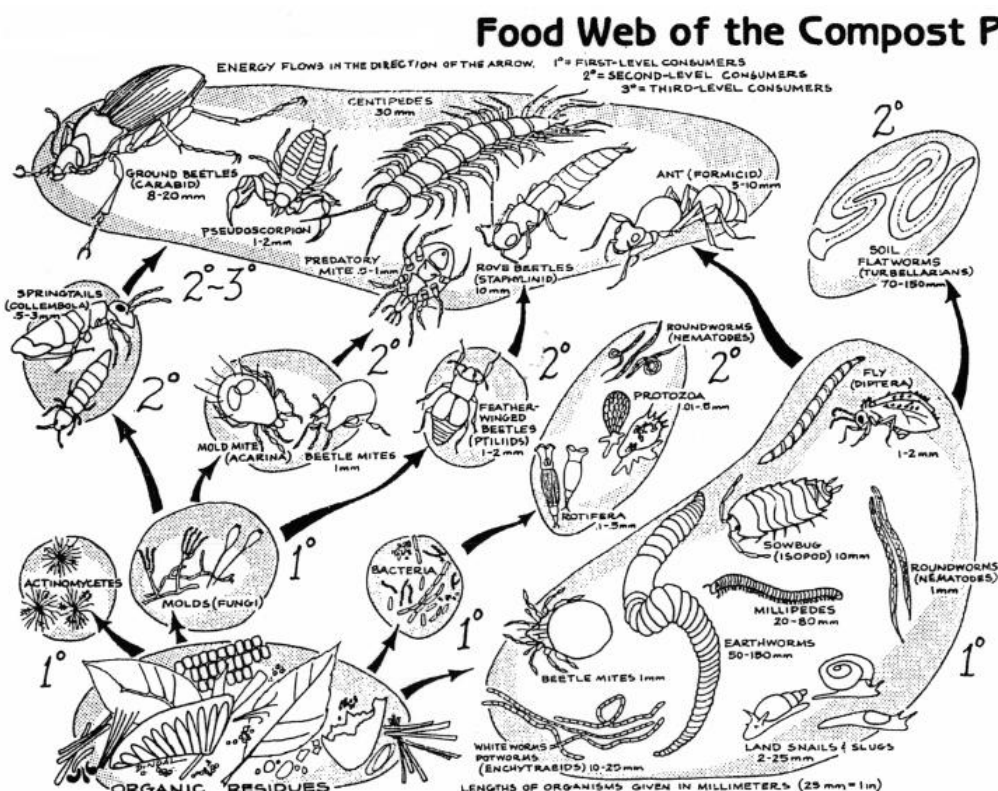


Figura 7.1 Cadeia alimentar de pilha de compostagem

Se permitirmos que o processo de compostagem avance para além do tempo mínimo para atingir a requerida estabilização, a macrofauna começa a colonizar a pilha de compostagem. A macrofauna utiliza alguma microflora e resíduos decompostos como substrato. Entre a macrofauna podemos encontrar as minhocas (*Lumbricus terrestris*, *Lumbricus rubellus*, *Eisenia foetida*) que são os mais visíveis e certamente os mais úteis. Estes organismos só aparecem no processo quando este

está bastante avançado, a menos que sejam introduzidos deliberadamente na pilha de compostagem. No entanto, as minhocas podem ser introduzidas e cultivadas deliberadamente durante as fases de compostagem dos resíduos, elas são os elementos essenciais de uma forma de compostagem vulgarmente conhecida como “vermicompostagem” (Diaz *et al*, 1993).

Vermicompostagem é também um processo de estabilização e oxidação do material orgânico que, em contraste com a compostagem, envolve o conjunto acção de minhocas e microrganismos, e não implica uma fase termofílica. As minhocas são os agentes de revolvimento, fragmentação e arejamento.

A acção das minhocas sobre a matéria orgânica é mais mecânica que biológica; o revolvimento e o arejamento do composto, bem como a trituração das partículas orgânicas que passam pelo trato digestivo desses animais são um processo puramente mecânico. O efeito bioquímico está na decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos existentes no intestino das minhocas, de onde os resíduos saem mais ricos em nutrientes e mais assimiláveis pelas plantas (Motter *et al*, 1987 em Oliveira, 2001).

A aplicação de compostagem e vermicompostagem tem sido muitas vezes infrutífera devido à mitologia que estes são "processos naturais" e com pouca necessidade de gestão. O sucesso compostagem e vermicompostagem exige o tratamento adequado e de sistemas de controlo criteriosos. Além disso, a pesquisa em vermicompostagem não está desenvolvida ao mesmo nível da compostagem; é necessário conhecer e compreender melhor todo o processo, a fim de torná-la mais eficiente (Dominguez *et al*, 1997).

A vermicompostagem é um processo biológico, aeróbio, de tratamento de resíduos sólidos orgânicos que utiliza minhocas para acelerar a degradação da matéria orgânica, produzindo um composto rico em ácidos húmicos. Apresenta vantagens em relação a outros processos biológicos, ao nível da qualidade do composto final, dos custos de investimento e dos custos de operação (Completo *et al* 2008).

A compostagem com minhocas tem os seguintes efeitos benéficos (Diaz *et al*, 1993):

- ✓ Diminuição da dimensão das partículas,
- ✓ Remoção do excesso de colónias bacterianas, estimulando a proliferação de novas colónias,
- ✓ Enriquecimento do composto em azoto devido às excreções,

- ✓ Aumento do crescimento microbiano e diminuição da actividade bactericida e fungicida,
- ✓ Promoção da penetração interparticular do oxigénio,
- ✓ Adição de nutrientes minerais,
- ✓ Aumento da taxa e extensão de carbono e nutrientes por causa da troca de influência sobre as interacções entre microflora, protozoários e nematóides,
- ✓ Controle de patogénicos,
- ✓ Produção de vermicomposto.

Uma desvantagem da vermicompostagem é a necessidade de controlo que o processo exige, além disso as condições exigidas para a vermicompostagem podem não estar universalmente disponíveis. Apesar destas aparentes desvantagens a possibilidade de utilizar a vermicompostagem como parte da compostagem (em particular ao nível dos resíduos domésticos) deve ser considerada (Diaz *et al*, 1993).

As diferenças entre a compostagem e a vermicompostagem são suficientemente grandes para que se considere que o produto final obtido seja distinto. No relatório “Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia” (Hogg *et al*, 2002) refere que a Austrália tem quatro produtos classificados em especificações técnicas em função de valores limite dos metais pesados e que no âmbito da revisão das referidas especificações pode surgir uma nova classificação só para o vermicomposto.

8 MATERIAIS E MÉTODOS

8.1 Considerações prévias

Como já foi referido ocorreu um atraso significativo nos projectos de vermicompostagem que inicialmente existiu expectativa de servirem como objecto para o presente trabalho de tese de mestrado. A unidade de tratamento em Beja da total responsabilidade da Lavoisier está actualmente numa fase de arranque das obras. A unidade da AMAVE, que acabou por servir de objecto para o presente trabalho, está prestes a dar-se por concluído o projecto-piloto de I&D, financiado pela Sociedade Ponto Verde, depois de um atraso superior a sete meses.

Com efeito, os atrasos verificados comprometeram a realização de testes em tempo útil e a respectiva recolha e tratamento de dados para serem incluídos no relatório de tese que foi entregue no mês de Março do corrente ano. Como se pode verificar na Tabela 8.1 (Completo *et al*, 2008) entre Novembro de 2008 e Janeiro de 2009 deveriam ter sido realizados os testes e em Março deveria ser feita a análise dos resultados e respectiva proposta de modelo económico-financeiro para o TMBV.

Tabela 8.1 Cronograma inicial ajustado

Acção \ Mês	2008	Abril	Maio	Junho.	Julho	Agosto.	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	2009	Janeiro	Fevereiro	Março
Finalização do projecto de engenharia da unidade piloto (UP) de TMBV na AMAVE														
Visitas aos Recicladores														
Instalação da UP														
Testes do equipamento de triagem na Plasmaq														
Instalação e testes do equipamento de triagem na unidade de TMBV														
Funcionamento da UP														
Preparação e realização dos testes de reciclabilidade														
Análise dos resultados e proposta de modelo económico-financeiro para o TMBV														

No entanto, entre Março e Novembro foi possível desenvolverem-se algumas das experiências e obtiveram-se alguns dos dados importantes para cumprir satisfatoriamente os objectivos propostos.

Ao todo, desde o início da recepção de resíduos, a UPTMBV recebeu e tratou 231 toneladas de resíduos, distribuídas por dois períodos de tempo de acordo com a Tabela 8.2.

Tabela 8.2 Quantidades, em kg, de RU, verdes e composto (ADUBOM) que deram entrada na UPTMBV

Período	Verdes	ADUBOM	RU	Total
De Dezembro a 31 de Maio	34000	20669	73698	128367
De 1 de Junho a 15 de Setembro	0	1340	101320	102660
Total	34000	22009	175018	231027

Uma parte dos referidos resíduos serviu para o desenvolvimento das experiências realizadas no âmbito da presente tese, nomeadamente resíduos verdes, que foram utilizados como material estruturante e para servir de biofiltro, o ADUBOM, composto produzido pela unidade de TMB da AMAVE e RU, recolhido no pátio da fossa de recepção da referida unidade de tratamento.

O período de tempo compreendido entre o mês de Dezembro e Maio ficou marcado pela ausência de entrega de RU, verdes e de composto ADUBOM nos meses de Fevereiro e Março e nos restantes meses as entregas de materiais não foram realizadas de uma forma sistemática. Os registos das quantidades dos referidos materiais, depois de pesados em báscula, foram feitos manualmente acabando-se por perder informação, nomeadamente relacionada com os dias exactos de entrada dos materiais e as respectivas pilhas onde foram colocados.

No período de tempo de 1 Junho a 15 de Setembro os registos passaram a ser sistemáticos, ficando registada a quantidade recebida por dia e a respectiva pilha onde foram colocados de acordo com as tabelas do anexo 13.1.

De referir ainda que no dia 9 de Julho deu entrada 1340 kg de correctivo orgânico ADUBOM.

Todos os RU que entraram desde Dezembro na UPTMBV foram colhidos no Pátio da Fossa da Estação de Tratamento de RU do Vale do Ave e o correctivo orgânico ADUBOM foi colhido no parque de maturação na referida estação de tratamento.

Apesar de serem importantes para os processos de vermicompostagem, os factores de produção das camas de vermicompostagem e a quantidade exacta da população minhocas que deram inícios às duas experiências não foram contabilizados. Optou-se por ser assim pelo facto de não serem objectivos do trabalho e principalmente por falta de recursos e dificuldades logísticas.

8.2 Descrição da Instalação da Unidade Piloto de TMBV

8.2.1 Origem do projecto e parcerias

É um projecto de I&D, financiado pela Sociedade Ponto Verde, com a duração de um ano, teve início em 1 de Abril de 2008.

Participam nele:

- A “Lavoisier - Gestão e Valorização de Resíduos Lda.”, empresa portuguesa, pioneira, a nível internacional, no desenvolvimento da tecnologia de tratamento de resíduos sólidos urbanos indiferenciados através do Tratamento Mecânico e Biológico (TMB) com vermicompostagem (TMBV), que coordena;
- A “AMAVE – Associação de Municípios do Vale do Ave”, que possui uma unidade de TMB com compostagem – das primeiras em Portugal - e mostrou interesse em integrar a tecnologia de TMBV para a otimizar, sendo a primeira entidade portuguesa a fazê-lo;
- A “Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza” que, através do seu Centro de Informação de Resíduos (CIR), se tem dedicado ao estudo do aproveitamento do TMB para maximização da reciclagem de RU e tem sido a grande impulsionadora do TMBV em Portugal. Acompanha o estudo e, directamente, os testes de reciclagem dos materiais recicláveis, provenientes da vermicompostagem – plástico e vidro² - que terão lugar nas empresas recicladoras nomeadas a seguir.

O projecto conta também com a colaboração de empresas recicladoras de plástico e vidro de embalagem:

- empresas recicladoras de plástico misto: a “Adioplast, Indústria de Plásticos Lda.”, a Extruplás, Lda.” e a “Recipor, Recuperação e Valorização de Resíduos, S.A.”;
- empresas recicladoras de polietileno: a “Ambiente - Recuperação de Materiais Plásticos, S.A.” e a “Sirplaste”;
- a “Plasverde - Valorização de Resíduos, Lda” (do grupo Plastimar), empresa recicladora de EPS
- a “SELENIS AMBIENTE – INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE PET, LDA”, empresa recicladora de PET;

² Não é do âmbito do referido projecto a avaliação da reciclabilidade dos metais que passam na vermicompostagem. No entanto, tal como os restantes, serão crivados, finda esta fase.

- empresas recicladoras de vidro: a “Vidrociclo - Reciclagem de Resíduos, Lda.” e a “Vidrologic - Gestão de Resíduos e Ambiente, Lda.”

Tabela 8.3 Quantidades de resíduos a fornecer às empresas recicladoras para realização de testes de reciclabilidade

Empresa recicladora	Toneladas	Material de embalagem
Adioplast	5	Plásticos mistos
Extruplás	1	Plásticos mistos
Recipor	1	Plásticos mistos
Ambiente	3,5	Polietileno
Sirplaste	3,5	Polietileno
Plastverde (Grupo Plastimar)	0,150	EPS
Selenis-Ambiente	0,500	PET
Vidrociclo	30	Vidro
Vidrologic	1	Vidro
TOTAL	46	

A Tabela 8.4 (Completo *et al*, 2008) tem informação sobre os principais itens relacionados com a construção da unidade piloto, nomeadamente valores de investimento e respectivas entidades responsáveis.

Tabela 8.4 Principais itens, valores de investimento e respectivas entidades responsáveis

Item	Entidade	Valor €
Construção civil (projecto)	AMAVE	125000
Construção civil (obras não previstas)	Lavoisier	30000
Equipamentos (abre-sacos, crivo e tapete de triagem)	SPV	50000
Bobcat	AMAVE	50000
Total		255000

Como referência apresenta-se a informação genérica relacionada com a instalação de uma unidade de escala industrial de TMBV:

- Área necessária: 0,5 m² por tonelada de resíduos tratada por ano
- Custo de tratamento: entre 25 a 35 euros por tonelada em função da capacidade instalada e do financiamento comunitário obtido
- Investimento: 150 a 200 euros por tonelada de capacidade instalada
- Taxa de reciclagem (expectável): Superior a 80%

A referida informação foi obtida com base nos testes já realizados e é da responsabilidade da empresa Lavoisier.

8.2.2 Objectivos e fases do projecto

São objectivos do referido projecto I&D:

- a) Optimização do processo de separação mecânica de vermicomposto e de materiais recicláveis de plástico, vidro e metais
- b) Optimização do processo de separação mecânica das fracções recicláveis de plástico, de vidro e de metais;
- c) Testar a viabilidade económica da utilização da TMBV para triagem das embalagens de plástico e vidro contidos nos RU indiferenciados;
- d) Obter um modelo de balanço de massas do processo de TMBV que permita quantificar o potencial de utilização desta tecnologia para recuperação de material de plástico, vidro e metais de embalagem, com vista à sua reciclagem;
- e) Obter as bases para o cálculo de um Valor de Contrapartida ou de VIM (Valor de Informação e Motivação) necessário para viabilizar a reciclagem das embalagens dos diferentes tipos de plásticos - plásticos mistos, polietileno, PET e EPS - e de vidro;
- f) Definição do modelo económico-financeiro de gestão das embalagens recuperadas em unidades de TMBV.

A concretização dos primeiros quatro objectivos decorre do processo industrial que terá lugar na instalação piloto, na AMAVE.

A separação mecânica de vermicomposto dos materiais recicláveis será feita através da utilização de um crivo rotativo (com diferentes velocidades de rotação ou de vibração, diâmetro da malha da rede, número de redes) e em condições de crivagem específicas (teor de humidade do composto, p.e.).

A realização dos testes de reciclabilidade, nas unidades recicladoras, das embalagens triadas na instalação piloto permitirá atingir o quinto objectivo (objectivo “e”). Estes testes fornecerão as especificações técnicas para aceitação das embalagens nessas unidades e, assim, as bases para o cálculo dos valores de contrapartida (ou do VIM – Valor de Informação e Motivação).

Finalmente, serão lançadas as bases de um modelo económico-financeiro de gestão das embalagens obtidas em unidades de TMBV, que pode ser considerado o objectivo final (objectivo “f”) desse estudo e que, por tal, dependerá dos resultados obtidos, quer na instalação piloto quer nas unidades fabris recicladoras.

Uma vez definido o limite razoável, no âmbito do horizonte temporal do projecto, para as melhorias da qualidade do material de embalagem a obter através da vermicompostagem, procurar-se-á, em colaboração com as entidades recicladoras,

estabelecer um modelo económico-financeiro para a gestão sustentável das embalagens de plástico e vidro pela solução de TMBV.

Em síntese, as quatro fases principais do estudo são:

- 1) Instalação de uma unidade piloto de TMBV, com dimensão industrial e optimização do seu funcionamento;
- 2) Teste, com as empresas recicladoras, da adequabilidade da reciclagem das embalagens de plástico e vidro obtidas, de modo a estabelecer as especificações técnicas para cada tipo de material de embalagem de plástico e de vidro;
- 3) Avaliação dos custos de triagem e de processamento dos materiais recicláveis – plástico e vidro de embalagem - que passam na vermicompostagem;
- 4) Elaboração de uma proposta de modelo económico-financeiro para sustentar o TMBV como solução tecnológica para a gestão das embalagens de plástico e vidro.

8.2.3 Localização e arquitectura

O Centro Experimental de Tratamento de Resíduos Orgânicos no Parque Ambiental da AMAVE está localizado no Parque Ambiental da Associação de Municípios do Vale do Ave (AMAVE), em Riba de Ave, concelho de Vila Nova de Famalicão e tem uma área de intervenção com 1500 m², com uma área total de implantação do edifício de 800m². A Figura 8.1 representa o seu aspecto geral.



Figura 8.1 Aspecto geral da unidade de Vermicompostagem

O espaço industrial é composto por um núcleo coberto por um telheiro onde estão instaladas as secções de Recepção, Mistura e Armazenagem temporária de produto acabado, Compostagem em Pilha Estática, Vermicompostagem, Triagem e Afinação.

Em resumo, o edifício inclui:

- Secção de Recepção e Mistura
- Secção de Compostagem
- Secção de Vermicompostagem
- Secção de Secagem
- Secção de Triagem e Afinação
- Armazém

A Figura 8.2 representa a planta geral do edifício, contudo a configuração acabou por não ser respeitada passando, nomeadamente, a estilha a ser armazenada na parte exterior do edifício e no seu lugar foi colocado um abre-sacos.

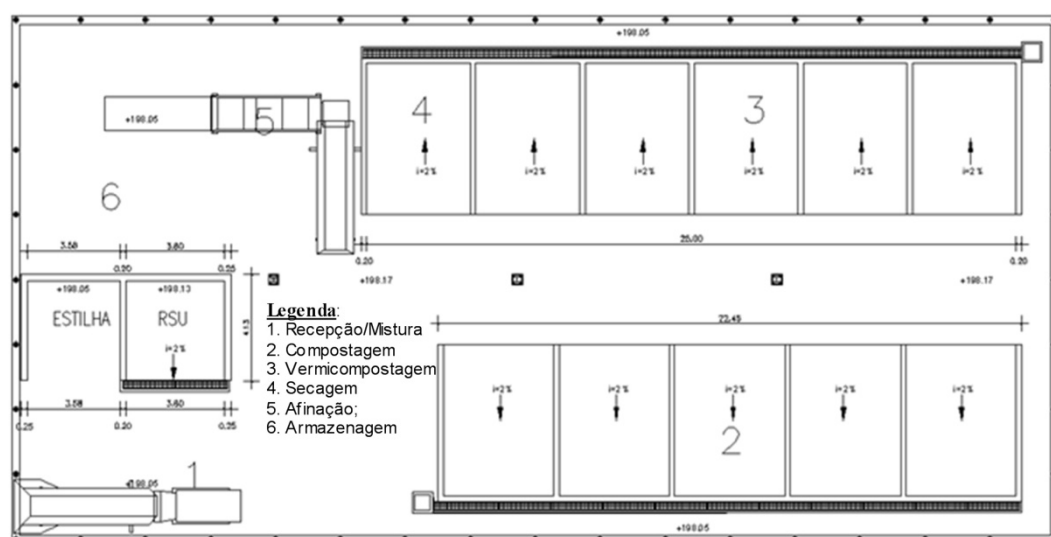


Figura 8.2 Planta geral do edifício

8.2.4 Equipamentos

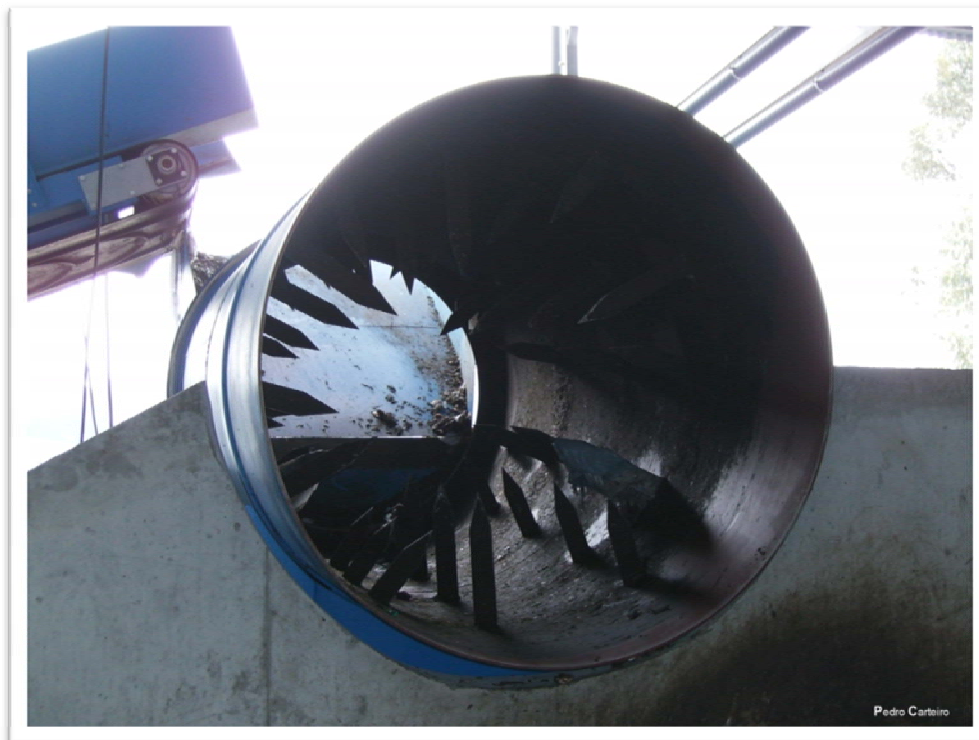
Nestas instalações, os resíduos passam pelos seguintes equipamentos:

Abre sacos

É constituído por um tambor rotativo com facas viradas para o interior que garantem a abertura dos sacos. O equipamento escolhido para abrir os sacos cumpriu bem desde o início a função de rasgar os sacos do resíduo, de forma a permitir o posterior processamento dos resíduos na unidade de vermicompostagem. No entanto, foi detectado que este equipamento originava a quebra das embalagens de

vidro, o que para além de dificultar a sua triagem, também provocava a contaminação do vermicomposto com cacos de vidro.

A solução encontrada foi inicialmente revestir o interior do abre-sacos com uma resina sintética, mas essa solução mostrou-se inadequada, uma vez que com a vibração do equipamento, a resina acabava por se soltar. Face a esta situação, optou-se por colocar um revestimento em borracha com a espessura de 1 cm, fixado com parafusos, o que veio a revelar-se eficiente reduzindo substancialmente a quebra das garrafas de vidro.



Fotografia 8.1 Vista do interior do abre-sacos

Pilhas de compostagem estáticas

Trata-se de pilhas com cerca de vinte e cinco metros quadrados de área, onde os resíduos são acumulados até dois a dois metros e meio de altura, ficando em compostagem durante duas a três semanas (pré-compostagem). As pilhas de compostagem são criadas durante três dias com a deposição diária de aproximadamente cinco toneladas de RU. Neste processo atingem-se temperaturas superiores a 60°C que permitem a higienização dos resíduos (a Figura 8.3 representa uma pilha de compostagem completa e já em plena actividade, conseguindo-se observar a libertação de vapor de água).

As pilhas são regadas diariamente para manter a humidade e garantir o adequado desenvolvimento do processo biológico.

No sentido de minimizar a libertação de odores as pilhas são cobertas de resíduos verdes destroçados, desta forma é criado um biofiltro natural em toda a superfície da pilha de compostagem. De referir que durante o processo de formação das pilhas, que dura 3 dias, é adicionado um inoculo orgânico que acelera o processo contribuindo também para a diminuição do risco de libertação de odores.



Figura 8.3 Pilha de compostagem em plena actividade

Camas de vermicompostagem

Após o processo de pré-compostagem os resíduos apresentam características físicas e químicas adequadas para a vermicompostagem, sendo então transferidos para as camas de vermicompostagem.

No final da vermicompostagem, que dura duas a três semanas, as minhocas já estão na camada superficial da cama de vermicompostagem, a qual é retirada para formar a base de uma nova cama.

As camas de vermicompostagem têm um comprimento de 6 metros e a sua alimentação tem de ser feita por camadas de 20 a 30 cm através de uma máquina Bobcat, cuja pá carregadora só pode chegar até aos 2 metros de comprimento.

Existem assim dificuldades em colocar os resíduos na vermicompostagem, uma vez que é difícil evitar passar com a máquina por cima dos resíduos que já têm minhocas, optando-se por passar a fazer-se uma alimentação única com o conteúdo total de uma pilha de compostagem formando uma camada que frequentemente ultrapassa os 100 cm com o aspecto que pode observar-se na Figura 8.4.

A resolução deste problema ainda está a ser equacionada na unidade da AMAVE, mas já foi encontrada uma solução para as novas unidades, em que através de um *layout* diferente das camas de vermicompostagem e da utilização de uma máquina com uma lança se consegue alimentar as camas com resíduos sem necessidade de se passar por cima dos resíduos que estão em vermicompostagem.



Figura 8.4 Aspecto de uma cama de vermicompostagem de RU

Secagem

Os resíduos já vermicompostados devem passar por um período de secagem, desta forma garante-se uma maior eficácia na crivagem permitindo a separação do húmus e os restantes materiais como as embalagens. Para isso procede-se à secagem natural, mas quando as condições climáticas o não permitem recorre-se então a um sistema de secagem forçada.

Das várias experiências de triagem realizadas concluiu-se que para haver uma boa separação entre o húmus e as embalagens na operação de crivagem, é necessário que o húmus esteja bastante seco (entre 20% a 30% de humidade).



Figura 8.5 Secagem em tabuleiros dos resíduos vermicompostados

Crivagem e triagem de recicláveis

Os materiais passam por um crivo rotativo onde se separa o húmus dos restantes materiais que seguem para um tapete de triagem onde são separados os diversos tipos de plásticos, o vidro, os metais e ainda outros objectos como os REEE de pequena dimensão.

Tanques de lixiviados

Todas as águas residuais são encaminhadas por uma rede de drenagem para tanques de lixivados, sendo posteriormente reintroduzidas no processo, poupando-se água e evitando-se a necessidade de se instalar uma ETAR. Existe um tanque dedicado para a recolha de lixiviado proveniente da secção de pré-compostagem e um outro para a recolha do lixiviado da secção da vermicompostagem.



Figura 8.6 Dois tanques para o lixiviado

Lavagem de plásticos

Os plásticos triados ainda possuem uma fina camada de húmus aderente que convém remover, de forma a garantir uma elevada qualidade do material para reciclagem. De referir os plásticos não têm odores. Tal qual como são triados já é possível serem retomados directamente para os respectivos recicladores.

Contudo, no âmbito da experiência patrocinada pela SPV realizaram-se testes em unidades de reciclagem de plástico recorrendo a trituração seguida de lavagem e obtiveram-se materiais limpos como se pode observar na Figura 8.7.

Em futuras unidades de vermicompostagem deverão ser incluídos equipamentos para fazer essa lavagem dos plásticos, de forma a se obter um material de melhor qualidade para reciclar, para além de se recuperar a matéria orgânica que ainda fica aderente à superfície do plástico.



Figura 8.7 Plásticos triados, lavados e triturados

8.2.5 Principais fases do processo

Quando aplicado aos resíduos sólidos urbanos indiferenciados, o TMBV apresenta um grande potencial relativamente à recuperação de embalagens de plástico, vidro e metais que ainda estão presentes nessa fracção.

Com efeito, as minhocas digerem a fracção orgânica pré-compostada que impregna a fracção embalagem, resultando em materiais sem odores, relativamente limpos e com um grande potencial de reciclagem, nomeadamente embalagens de plástico, vidro e metais.

As fases principais do processo de vermicompostagem sem triagem inicial dos materiais de embalagem são as seguintes:

- I. Após a chegada dos RU procede-se à abertura de sacos e à separação de objectos e embalagens de plásticos (ex: grandes filmes plásticos) e cartão de grandes dimensões ($\varnothing > 40$ cm). Assim se diminui o volume de resíduos a tratar e se evitam possíveis focos de anaerobiose; além disso, estes materiais com uma simples triagem manual podem ser encaminhados para reciclagem.
- II. Os resíduos passam à fase de pré-compostagem em pilhas estáticas, com arejamento (nomeadamente com utilização de camadas de resíduos verdes de jardins alternadas com as de resíduos) durante duas a três semanas. Nesta fase são monitorizados a temperatura, a humida-

de e o pH, factores críticos para a qualidade do composto final bem como determinar a altura da transição dos resíduos para a vermicompostagem.

- III. Na vermicompostagem, os resíduos pré-compostados são colocados nas camas de minhocas em camada única de cerca de 100 cm de altura. O processo de digestão das minhocas dura cerca entre três a cinco semanas durante esse período a humidade, através de rega, é cuidadosamente controlada. Quando as minhocas chegam ao topo da cama, significa que todo o material inferior já foi digerido, pelo que se retira essa última camada que constituirá a base de uma nova cama de vermicompostagem.
- IV. O material restante inicia a fase de secagem através de desidratação natural.
- V. Procede-se à separação do composto dos materiais não biodegradáveis através de crivagem.
- VI. As embalagens são posteriormente triadas manualmente, de acordo com as especificações técnicas definidas pela SPV.

As águas lixiviantes, quer das pilhas de compostagem quer das camas de minhocas são reutilizadas para manter a humidade dos resíduos, contudo como já foi referido são recolhidas em tanques distintos.

8.2.6 Capacidade instalada

A unidade da AMAVE foi projectada para tratar 1000 toneladas de RU por ano.

8.3 Colheita dos materiais e constituição das amostras

8.3.1 Escolha das amostras

As experiências controladas incidiram sobre os 1340 kg de correctivo orgânico ADUBOM que deram entrada no dia 9 de Julho e sobre a pilha de pré-compostagem n.º 5, formada entre os dias 9 e 15 de Setembro, construída a partir de 8760 kg de RU recolhidos no pátio da fossa.

A Portaria n.º 851/2009 de 7 de Agosto de 2009, que estabelece as normas técnicas relativas à caracterização de RU, define 350 kg como a quantidade de material para constituir uma amostra para os resíduos de recolha indiferenciada e 250 kg para outros fluxos. A referida Portaria foi utilizada como referência para a

colheita das amostras, tanto para os RU como para o correctivo orgânico ADUBOM, contudo em relação ao peso optou-se por constituir amostras muito superiores ao estabelecido na referida Portaria.

A opção de se constituírem amostras com peso muito superior ao previsto está relacionada com a necessidade desses materiais, antes da realização das respectivas caracterizações, terem que sofrer uma pré-compostagem e posterior vermicompostagem e principalmente aproveitar-se a oportunidade de fazer a experiência numa escala grande para contribuir para um aumento da representatividade da mesma.

8.3.2 Amostra com correctivo orgânico ADUBOM

Quando os RU entram nos bioreactores da central de valorização da AMAVE (CITRUS – Centro Integrado de Valorização de RU), os sacos de plástico são abertos e os resíduos sofrem uma fragmentação devido ao movimento rotativo do próprio bioreactor. Os resíduos permanecem no reactor durante três dias onde os parâmetros humidade, temperatura e oxigénio são controlados.

Depois da saída dos resíduos do bioreactor dá-se o processo de afinação primária onde os resíduos são separados por um crivo de trommel de 25 mm (Figura 8.8) onde os materiais inorgânicos de maior dimensão são separados do composto.



Figura 8.8 Processo de afinação primária

Os materiais inorgânicos são posteriormente prensados e depositados em aterro, o composto segue para o parque de maturação (Figura 8.9).



Figura 8.9 Parque de maturação

No parque de maturação, um tapete vai fazendo a distribuição numa pilha. Esta pilha vai sendo revolvida e movida através de uma roda com pás (roda SILO-DA). Ficando o espaço livre para a próxima pilha. Além do arejamento que é proporcionado pelo revolvimento, o composto é também arejado através de grelhas colocadas no chão. O composto permanece neste espaço durante seis semanas.

Depois das seis semanas o composto sofre a afinação secundária (crivo de 15 mm), onde são separados os materiais inorgânicos de menor dimensão.

A amostra foi recolhida a partir do composto resultante da referida afinação secundária.

Com recurso a uma Bobcat retiraram-se várias fracções de composto em vários pontos da pilha, que foram depositadas num espaço livre próximo desta. As várias fracções de composto foram misturadas e revolvidas várias vezes, a seguir espalhou-se esse composto para formar um disco com uma espessura aproximada de 50 cm. Após divisão em quatro, rejeitaram-se dois quatros opostos e com os restantes repetiu-se novamente a operação. Os dois quatros resultantes do processo final de amostragem foram misturados e carregados pela Bobcat até a báscula que se situa na entrada das instalações do CITRUS, a pesagem deu 1340 kg (peso bruto de 14500kg menos a tara de 13160kg da Bobcat) sendo depois esse material transportado para a UPTMBV.

8.3.3 Amostra com RU

Os RU entram no CITRUS em camiões que, depois da sua pesagem na báscula, são descarregados numa fossa (Figura 8.10) construída no pátio de recepção.



Figura 8.10 Fossa de recepção

Neste ponto está também colocada uma garra que faz a distribuição dos resíduos pelas tremonhas dos três bioreactores (Figura 8.11).



Figura 8.11 Vista geral dos três bioreactores

A constituição da amostra durou três dias, tendo em cada dia sido retiradas, com recurso a uma Bobcat, uma ou mais fracções de resíduos que os camiões foram descarregando para o pátio de recepção da fossa.

Os resíduos, depois de pesados na báscula, foram encaminhados para as instalações da UPTMBV na cadência que se pode observar na Tabela 8.5.

Tabela 8.5 Quantidades de resíduos utilizados para a constituição da amostra

Dia/hora	Quantidade em kg
09-09-2009/10:09	960
10-09-2009/09:58	940
10-09-2009/10:17	800
10-09-2009/14:36	960
10-09-2009/16:07	800
15-09-2009/10:04	860
15-09-2009/10:15	660
15-09-2009/10:35	660
15-09-2009/14:43	920
15-09-2009/15:30	1200
Total	8760

A amostra foi caracterizada por categorias de materiais segundo a grelha de análise dos RU produzidos que consta na Portaria n.º 851/2009. Foram realizadas três sessões de caracterização, nomeadamente nos dias 9, 10 e 15. Para facilitar a caracterização, os resíduos foram tratados previamente no abre-sacos. A Tabela 8.6 representa a caracterização média das três sessões de caracterização dos 8760 kg.

Tabela 8.6 Caracterização física média dos RU da amostra

Categorias (Portaria n.º 851/2009)	Peso (kg)
Bio -resíduos	4284
Papel/cartão	1235
Plástico	999
Vidro	228
Compósitos	166
Têxteis	342
Têxteis sanitários	447
Metais	184
Madeira	44
Resíduos perigosos	88
Outros resíduos	131
Finos < 20 mm	315
Resíduos volumosos	298
Total	8760

Na Figura 8.12 pode avaliar-se o peso em percentagem de cada uma das categorias caracterizadas.

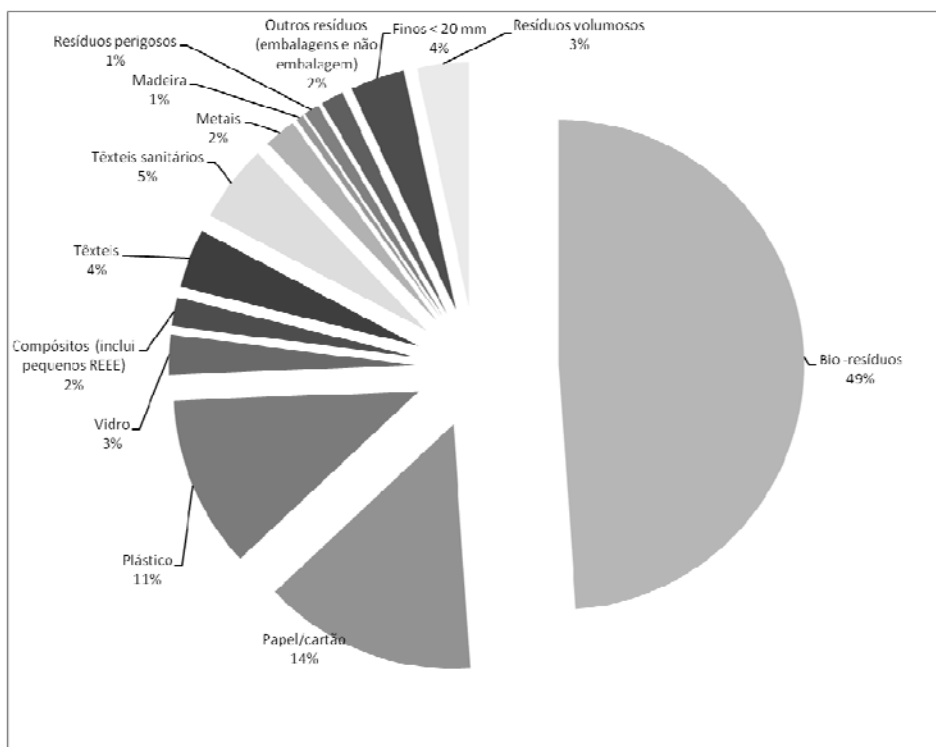


Figura 8.12 Caracterização física média da amostra de RU

8.4 Controlo do processo

8.4.1 Pré-compostagem

8.4.1.1 Amostra com correctivo orgânico ADUBOM

Foi construída uma pilha com os 1340 kg da amostra e por cima desta foi espalhada uma camada, ao todo 150 kg, de material estruturante (resíduos verdes destroçados) com o objectivo de servir de biofiltro.

A pilha ficou construída na tarde do dia 9 de Julho, tendo ainda sido regada. O método de compostagem utilizado foi o de pilha estática, sem revolvimento e sem arejamento forçado. A pilha ficou em processo de compostagem 18 dias, ou seja até ao dia 26 de Julho.

Durante o processo de compostagem, antes de se proceder à respectiva rega diária (realizada ao final da tarde), foi monitorizada diariamente a temperatura no centro da pilha.

A pilha sofreu um aumento de temperatura logo nos primeiros dias de pré-compostagem, no sexto dia atingiu um valor de 61 °C. No décimo oitavo dia, como se pode ver na Figura 8.13, a temperatura já rondava os 30°C.

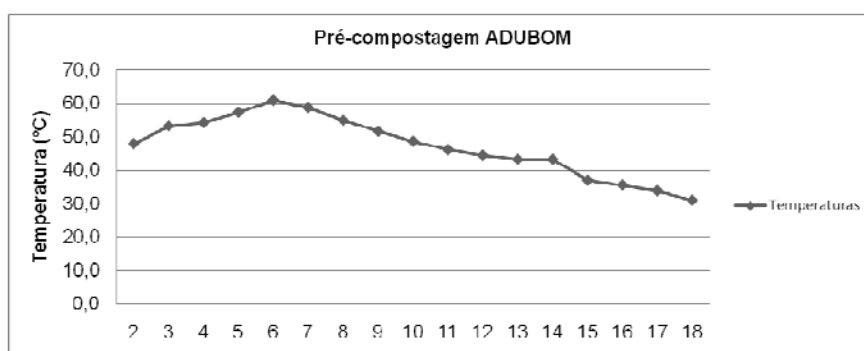


Figura 8.13 Evolução da temperatura na pilha de compostagem da amostra de ADUBOM

O pH também foi monitorizado ao longo do processo, como se pode ver na Figura 8.14, o pH foi subindo até um valor de oito.

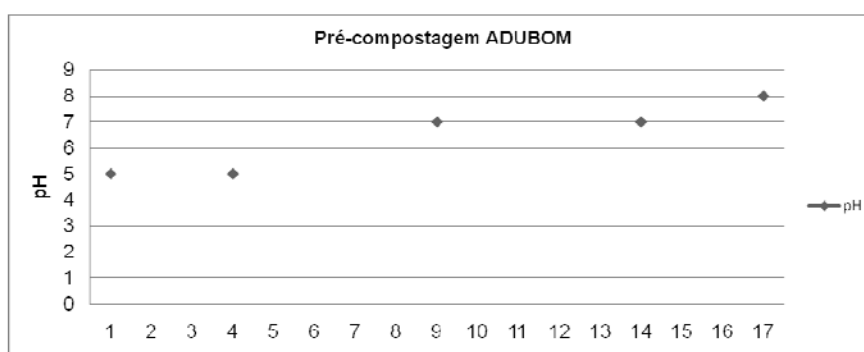


Figura 8.14 Evolução do pH na pilha de compostagem da amostra de ADUBOM

8.4.1.2 Amostra com RU

A pilha de compostagem começou a ser formada desde o primeiro dia de recepção das fracções, nove de Setembro, e demorou três dias a ser construída. A pilha iniciou-se com 960 kg de RU, que foram cobertos com material estruturante, no dia seguinte foram colocados mais 3500 kg e novamente cobertos com material estruturante, finalmente no terceiro dia foram colocados os restantes RU, 4300 kg, e cobriu-se totalmente a pilha com material estruturante com o objectivo de funcionar como filtro de odores natural.

Os RE e outros materiais grosseiros presentes no RU funcionam como materiais estruturantes na pilha de compostagem, desta forma o material estruturante entre camadas só foi utilizado na quantidade suficiente para cobrir a pilha em formação para poder cumprir uma função de biofiltro. Ao todo foram utilizados 656 kg de material estruturante, sendo assim o peso total da pilha foi 9416 kg.

O método de compostagem utilizado foi o de pilha estática, sem revolvimento e sem arejamento forçado. A pilha ficou em processo de compostagem 28 dias, ou seja até ao dia seis de Outubro.

Durante o processo de compostagem, antes de se proceder à respectiva rega diária (realizada ao final da tarde), foi monitorizada diariamente a temperatura no centro da pilha.

A Figura 8.15 representa a evolução da temperatura nos 28 dias que durou o processo de pré-compostagem.

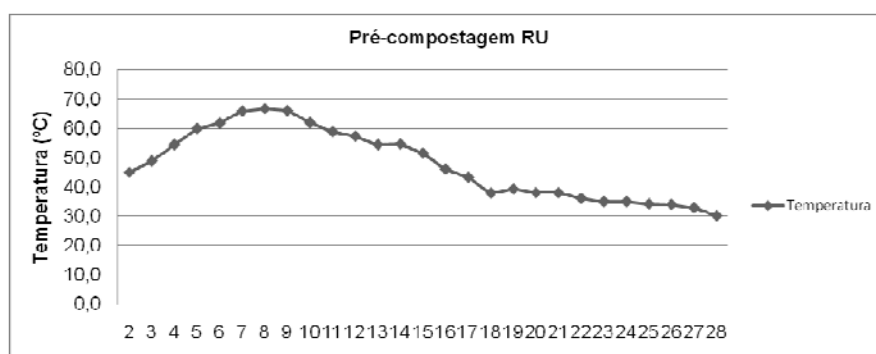


Figura 8.15 Evolução da temperatura na pilha de compostagem da amostra de RU

A partir do quinto dia começaram a registar-se temperaturas superiores a 60°C, sendo 66,8°C a temperatura mais alta registada. Entre o sétimo e nono dia o processo manteve temperaturas superiores a 65 °C.

Na monitorização do pH, como se pode ver na Figura 8.16, o pH a partir do meio da contagem do processo foi estabilizado em oito.

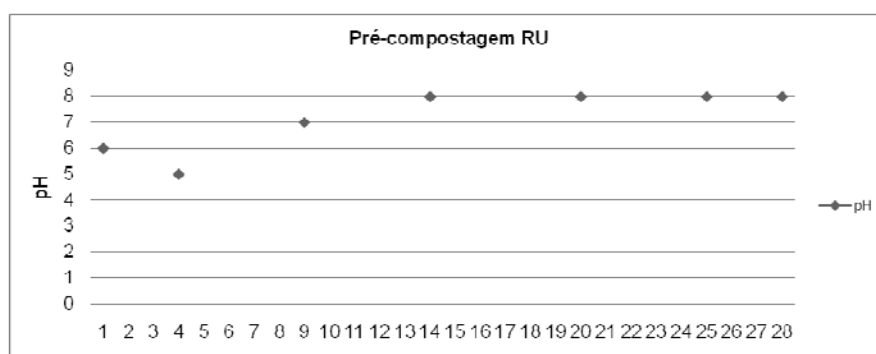


Figura 8.16 Evolução do pH na pilha de compostagem da amostra de RU

8.4.2 Vermicompostagem

8.4.2.1 Amostra com correctivo orgânico ADUBOM

O processo de vermicompostagem utilizou a espécie *Eisenia foetida*. Os resíduos são colocados na vermicompostagem a uma temperatura a rondar os 25 °C. Neste caso, e como o processo de vermicompostagem se processa com teores elevados de humidade, os resíduos foram regados abundantemente ainda na pilha de pré-compostagem no sentido de diminuir a temperatura e aumentar os teores de humidade.

No dia 24 de Julho iniciou-se a construção da cama de vermicompostagem com a colocação de uma camada de cerca de 20 centímetros de espessura, este procedimento foi repetido mais quatro vezes, respectivamente no terceiro, sexto, nono e decimo segundo dias do processo. A cama foi regada com uma frequência de quatro vezes por semana. Ao décimo quarto dia considerou-se que o processo tinha chegado ao fim.

8.4.2.2 Amostra com RU

Também foi utilizada a espécie *Eisenia foetida*, tendo o procedimento de construção das pilhas sido semelhante ao descrito no ponto 8.4.2.1.

Como já foi referido no 8.2.4, devido às características do *layout*, não é possível alimentarem-se as camas de vermicompostagem de uma forma gradual como seria desejável ao processo. Assim, no dia cinco de Outubro iniciou-se a construção da cama de vermicompostagem com a colocação de uma camada única de resíduos provenientes da pré-compostagem com uma espessura que atingiu os 120 centímetros.

O processo durou vinte e três dias.

8.5 Crivagem e triagem

A amostra com RU foi a única que sofreu uma crivagem e triagem dos diferentes materiais contidos na massa de resíduos vermicompostados.

9 RESULTADOS OBTIDOS

9.1 Balanço de massas

Os resíduos vermicompostados foram colocados a secar durante seis dias, nos dias quatro, cinco e seis de Novembro procedeu-se à crivagem e respectiva triagem dos resíduos vermicompostados. A Figura 9.1 mostra o aspecto dos resíduos metálicos triados, predominantemente embalagens



Figura 9.1 Aspectos de metais triados depois do processo de vermicompostagem

Dos 9416 kg originais de RU e material estruturante que sofreram pré-compostagem e vermicompostagem resultaram, com as perdas de massas dos dois processos biológicos, 6272 kg onde foi possível apurar um valor individual para os principais materiais constituintes na massa de resíduos. A Tabela 9.1 representa o balanço de massas dos referidos 6272 kg.

Tabela 9.1 Balanço de massas em peso do processo em kg

Categoria	Quantidade em kg
Plástico	946
-Resíduos de embalagens em filme de PE	212
-Resíduos de embalagens rígidas em PET	96
-Resíduos de embalagens rígidas em PEAD	104
- Plásticos mistos	533
Vidro	164
Metais	132
Resíduos volumosos	60
Refugo	940
Vermicomposto	4029
Perdas (CO ₂ , água, etc.)	3144
Total	9416

Como se pode verificar na Figura 9.2 o vermicomposto é o material que está em maior percentagem após o processo concluído.

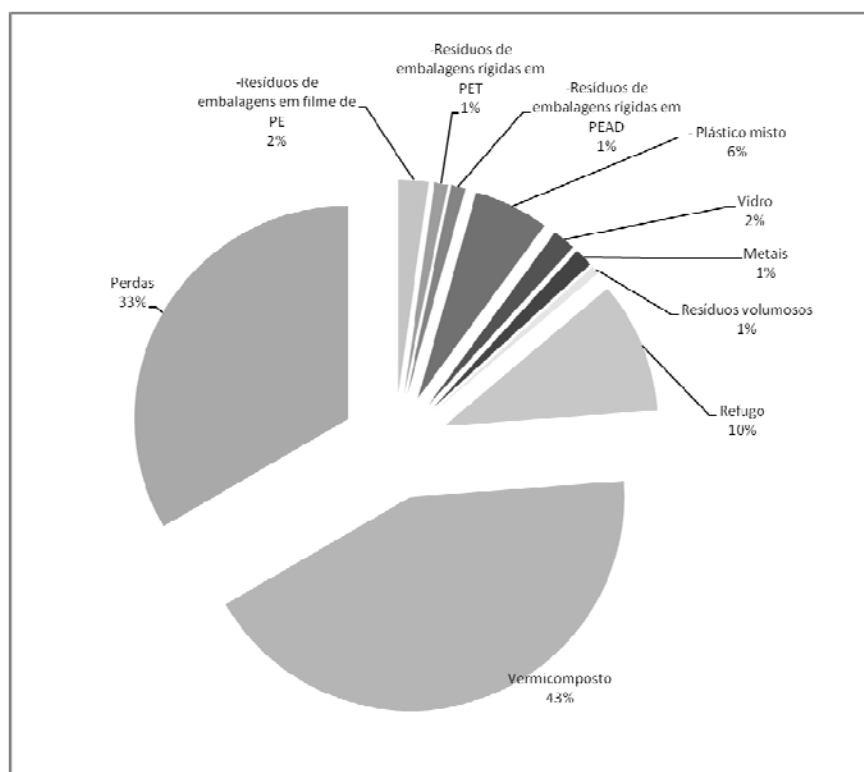


Figura 9.2 Balanço de massas em peso do processo em percentagem

9.2 Caracterização do vermicomposto

9.2.1 Observações

Os resultados das análises foram entregues no dia 10 de Novembro, data muito próxima da data limite de entrega do presente relatório. Por falta de recursos financeiros, não possível encomendar todos os parâmetros inicialmente idealizados, nomeadamente ficaram por analisar os Materiais inertes antropogénicos, a Condutividade eléctrica, o Fósforo orgânico, o Potássio total, o Cálcio total, o Magnésio total, o Sódio total, os Compostos húmicos, os Ácidos fúlvicos, os Ácidos húmicos e a Relação C/N.

9.2.2 Caracterização física, química e biológica das amostras

A Tabela 9.2 representa a comparação dos diferentes parâmetros físicos e químicos entre o composto ADUBOM, as duas amostras e as quatro classes existentes na proposta de especificações técnicas sobre a qualidade do composto.

Ambas as amostras, em relação às concentrações de metais pesados, estão dentro da Classe IIA.

Tabela 9.2 Comparação do resultado dos parâmetros das amostras com o composto ADUBOM e a quatro classes existentes na proposta de especificações técnicas sobre a qualidade do composto

Parâmetros/unidades	Composto	Amostras		Proposta de Classes de qualidade ³			
	ADUBOM	ADUBOM	RU	Classe I	Classe II	Classe IIA	Classe III
Humidade	47,9	58	11	<40	<40	<40	<40
pH/ Escala de Sorënsen	6,3	8,7	8,3	5,5 <pH> 8,5			
Azoto Kjeldhal/ g/kg		16	17				
Azoto total, expresso em N/ g/kg		16	18				
Sólidos totais %		42	89				
Sólidos totais fixos % (base seca)		57	59				
Sólidos totais voláteis % (base seca)		43	41				
Cobre total, expreso em Cu/mg/kg	162	180	170	100	200	400	600
Zinco total, expresso em Zn/mg/kg	480	810	100	200	500	1000	1500
Níquel total, expreso me Ni/mg/kg	32,2	37	42	50	100	200	200
Crómio total, expreso em Cr/mg/kg	82,2	140	260	100	150	300	400
Cádmio total, expreso em Cd/mg/kg	0,65	2,7	2,4	0,7	1,5	3	5
Chumbo total, expreso em Pb/mg/kg	123	120	140	100	150	300	500
Mercúrio total, expreso em Hg/mg/kg	0,27	0,4	0,4	0,7	1,5	3	5
Pesquisa de Salmonelas/25 g	neg	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
NMP Escherichia coli/1g	<3	<10	3900	1000	1000	1000	1000

O resultado do teste de auto-aquecimento de Dewar para as duas amostras deu muito estável, como se pode verificar na Tabela 9.3.

Tabela 9.3 Resultado do teste de auto-aquecimento de Dewar para as duas amostras

Teste de Auto-aquecimento de Dewar	Amostras	
	ADUBOM	RU
Temperatura alcançada °C	17	26
Classe estabilidade	V	V
Grau de maturação	Muito estável	Muito estável

Em relação ao teste de fitotóxicidade de crescimento de cevada (Anexo 13.5), que permite avaliar o grau de maturação de um composto orgânico, a presença de agentes de fitotóxicidade e que também fornece uma indicação relativamente ao tipo de utilização mais adequada face à qualidade apresentada, foram obtidos resultados distintos em relação às duas amostras.

³ (APA (não editado), Outubro 2008)

De acordo com o teste só o vermicomposto produzido a partir de RU apresenta qualidade para ser usado como correctivo orgânico do solo. O vermicomposto produzido a partir do ADUBOM apresenta restrições de utilização. Nenhum dos vermicompostos tem qualidade para ser usado como substrato para viveiro ou envasamento.

De referir que esta classificação é feita de acordo com interpretação dos resultados é efectuada com base no método de referência com a designação teste de fitotóxicidade que consta na “*Proposta de Norma para Qualidade do Composto para utilização na agricultura*” de Gonçalves, 2001).

10 VALORIZAÇÃO DO VERMICOMPOSTO

10.1 Considerações prévias

Em Portugal é possível adquirir húmus de minhoca produzido exclusivamente a partir de estrume equino, bovino e helicícola a 300 euros a tonelada (vendido a granel e carregado nas instalações do produtor) (<http://www.biojogral.com>).

O vermicomposto produzido a partir, principalmente, de RU e desde que consiga manter boa qualidade possivelmente pode igualmente ser vendido a preços interessantes.

Actualmente, desde que o composto tenha qualidade, não há imposição legal que impeça a sua utilização na agricultura. A classificação do composto de algumas normas europeias também assenta na qualidade do produto final (ver Tabela 10.1, Hogg *et al*, 2002) e não na origem (fonte) dos resíduos utilizados para a sua produção.

Tabela 10.1 Classes de composto

País	Número de classes	Observações
Áustria	3	Classes de qualidade baseadas nos valores limite (concentração de metais pesados)
Descrição	Classe A+ (Qualidade superior, para agricultura orgânica); Classe A (Qualidade elevada, para utilizações agrícolas); Classe B (Qualidade mínima, destinado a utilizações não agrícolas)	
Flandres	3	Classes de qualidade baseadas nas matérias-primas
Descrição	Biocomposto (com origem nos RB separados na origem); Humotex (gerado a partir de lixiviados compostados em condições aeróbias); Resíduos verdes (composto resultante de resíduos de jardim separados na origem)	
Alemanha	2	Qualidade baseada nas propriedades ou nos tipos de utilização
Descrição	Estas duas classes são definidas em função das suas concentrações em metais pesados	
Holanda	2	Classes de qualidade baseadas nos valores limite de concentração em metais pesados
Descrição	Os compostos de boa e de muito boa qualidade distinguem-se pelos valores limite de concentração de metais pesados.	

10.2 Agricultura biológica

O Regulamento (CE) n.º 889/2008 da Comissão, de 5 de Setembro de 2008, que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho, de 28 de Junho de 2007, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CEE) n.º 2092/91, em relação à utilização de fertilizantes e correctivos dos solos apresenta restrições para os produtos da compostagem ou fermentação de resíduos domésticos, nomeadamente em relação à origem – devem ser separados na origem – e ao seu teor em metais pesados.

dos. Em relação aos excrementos de minhocas (*lombricomposto*) e de insectos é omissa em relação à origem dos resíduos para o fabrico desses fertilizantes bem como às limitações de eventuais contaminantes.

Contudo, parece ser razoável, por uma questão de princípio, não incluir RU de recolha indiferenciada para a produção de fertilizantes cujo mercado seja a agricultura biológica.

10.3 Agricultura convencional

Quando forem publicadas as especificações técnicas para o composto passam a existir condições de avaliação que vão permitir determinar a utilização ou não do vermicomposto na agricultura convencional.

10.4 Floricultura

A floricultura é um grande consumidor de turfa e esta tem, à semelhança do composto, teores de matéria orgânica elevados de 40% a 50%. A turfa é, na quase totalidade, importada e o seu preço elevado (Rodrigues, 2007).

A floricultura em Portugal continental, de acordo com um estudo realizado pelo INE (Instituto Nacional de Estatística), é um sector que em 2002 contava com 1217 explorações, com uma área total de 892,5761 ha. As explorações em Portugal têm em média 0,7 ha e 54% da área está concentrada em explorações com mais de 5ha, que representam apenas 2,5% do total de explorações recenseadas em Portugal (Rodrigues, 2007).

Os valores de utilização de turfa rondam os 50t/ha, o que dá um potencial de consumo cerca de 45000t/ano.

Tabela 10.2 Comparação dos parâmetros da Turfa e do composto

	Composto	Turfa
Humidade	8-39%	56,80%
pH	6,50-8,5	6,50
MO	40-60%	89,90%
Azoto total	1,5-2,40%	1,16%
Fósforo total	0,74-1,20%	0,18%
Potássio total	1,1-1,7%	1,87%
Cálcio	1,81-9,60%	2%
Magnésio	0,39-1%	0,24%

De referir que os valores dos parâmetros para o composto correspondem ao intervalos encontrado em análises efectuadas, em 2007 na Escola Superior Agrária

de Castelo Branco, ao composto da AMAVE, LIPOR, TRATOLIXO, Águas do Zêzere e Côa (actual RESIESTRELA), VALORSUL e AMARSUL.

Genericamente o vermicomposto apresenta melhor qualidade agronómica do que o composto, desta forma é possível ver na floricultura um potencial mercado por explorar.

10.5 Vinha e Pomares

O vermicomposto pode utilizar os mesmos canais de distribuição e utilização que actualmente o composto utiliza. A vinha e os pomares são importantes consumidores de MO.

10.6 Pastagens

O composto obtido a partir do resíduo pode actuar como meio de melhorar prados de solos incultos, pobres em Ca e em microelementos; resultados experimentais expressos em números não existem porém. A principal dificuldade para o seu emprego reside no transporte (Klapp, 1986).

11 CONCLUSÕES

11.1 Considerações gerais

A compostagem e a vermicompostagem são processos biológicos distintos ao nível do tipo dos seres vivos participantes (e predominantes), temperaturas envolvidas e produtos finais obtidos.

O tratamento de RU da recolha indiferencia, sem separação mecânica inicial, pré-compostado e aplicado à vermicompostagem pode apresentar vantagens que convêm ser atestadas através da sistematização da obtenção de dados do processo e do respectivo tratamento dos mesmos.

Na UPTMBV da AMAVE realizaram-se testes iniciais que indicam ser possível recuperar uma percentagem elevada de RE (plástico, metais e vidro) para a reciclagem e obter-se uma quantidade elevada de vermicomposto.

A capacidade de absorção de poluentes pelas minhocas, é referida em algumas referências bibliográficas, nomeadamente de metais pesados, no entanto não ficou provada com experiências efectuadas no âmbito do presente estudo.

Com efeito, o vermicomposto produzido a partir de RU e de composto da AMAVE apresentou teores de metais pesados que o fazem classificar como de categoria IIA de acordo com especificações técnicas propostas pela APA e que se encontram em fase de aprovação, tornando este produto semelhante neste conjunto de parâmetros, aos compostos resultantes de unidades de TMB convencionais.

Em relação ao grau de maturação verificou-se que quer na vermicompostagem de composto da AMAVE (ADUBOM), quer na vermicompostagem de RU da AMAVE se obteve um vermicomposto com um grau de maturação muito elevado (classe de estabilidade V).

No que se refere ao balanço de massas, foi possível verificar que o processo, constituído por pré-compostagem seguido de vermicompostagem e triagem de recicláveis, permite uma produção elevada de vermicomposto, mais de 50% do total dos RB (materiais fermentáveis, papel/cartão e material estruturante) existentes na pilha inicial foram transformados em nesse produto.

Verificou-se ainda que o processo favorece a crivagem e triagem de RE. Apesar de vários representantes de empresas de reciclagem de plástico terem visitado a UPTMBV e afirmarem categoricamente que os RE de plásticos obtidos serem adequados para reciclarem, não foi possível em tempo útil obterem-se os resultados dos testes de todos os materiais de resíduos de embalagem.

Segue a seguir um resumo da reciclabilidade de alguns dos materiais que chegaram a ser testados e/ou avaliados pelos recicladores:

Vidro (Anexo 13.7)

Da muito breve experiência havida foi possível concluir, apesar de a amostra recepcionada não permitir efectuar avaliação quantitativa representativa, que este resíduo comparativamente com o seu par proveniente de recolha selectiva:

- Exibe um nível de contaminação exibida inferior;
- Apresenta uma granulometria média superior,

Ambas as condições indicando um potencial de aproveitamento industrial superior. De qualquer forma, há que ter em atenção que com o aumento previsível das quantidades obtidas não seja cometido o mesmo erro (evitável) que aconteceu com a recolha selectiva que:

- Para acumular maior quantidade o resíduo em parque o mesmo é acumulado em altura, muitas das vezes por componentes mecânicos e consequentemente partido;
- Que não haja contaminação em função de armazenamento indevido próximo de outros materiais.

Como abordagem inicial este ensaio foi bastante promissor quanto ao potencial do resíduo de vidro proveniente da vermicompostagem.

PET (Anexo 13.6)

Analisando a Tabela 11.1, verifica-se que a “Amostra teste” apresenta um nível de “Flakes amarelos” bastante superior aos flakes habituais. Verifica-se igualmente que o valor do parâmetro de cor b* relativo à “Amostra teste” indica que esta amostra se apresenta bastante mais amarela do que o habitual.

Tabela 11.1 Resultados laboratoriais com resíduos de embalagem PET

Ensaio		Resultado “Amostra teste”	Resultado flakes habituais
Contaminantes	Cores (ppm)	1648	68
	Poliolefinas (ppm)	0	200
	Etiquetas (ppm)	36	127
	Metais (ppm)	0	12
	PVC (ppm)	18	52
	Flakes com cola (ppm)	78	181
	Flakes amarelos (ppm)	8672	5000
Cores	Outras contaminações (ppm)	0	15
	L*	68.99	63.11
	a*	-2.71	-3.26
	b*	-0.57	-4.93

Contudo, para os restantes parâmetros a “Amostra teste” apresenta melhores resultados.

A habitual receita de lavagem não foi eficiente no que toca à retirada de contaminantes orgânicos residuais uma vez que a matéria-prima se apresentava bastante mais contaminada que o habitual. O material produzido apenas pode ser utilizado na produção de fibras têxteis e não na produção de filme alimentar. Teria que ser efectuada uma segunda lavagem na Selenis Ambiente, uma pré-lavagem no processo de vermicompostagem ou adoptar uma receita com um tensioactivo adequado.

PEAD e PEBD (Anexo 13.8)

Para os resíduos de embalagem de PEAD e PEBD o reciclador não chegou a fazer testes, contudo numa avaliação visual apurou que estes resíduos de plástico podem ser reciclados sem grandes problemas.

11.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

O estudo do processo de tratamento através da vermicompostagem aplicada aos RU está a dar os primeiros passos, pelo que se conhece em Portugal o presente relatório deve ser o primeiro do género a ser realizado, pelo que é importante sistematizar e confirmar dados e iniciar-se o alargamento do âmbito de futuros estudos.

Assim, são apresentadas as seguintes sugestões de trabalhos que devem ser desenvolvidas futuramente:

- Estudo dos metais pesados nos RU, vermicomposto, lixiviado e sua acumulação nos tecidos das minhocas;
- Estudo de processos para remoção dos metais pesados do lixiviado de forma a permitir a recirculação do efluente para a pré-compostagem em segurança;
- Estudo da altura ideal das camas de vermicompostagem quando se utiliza RU da recolha indiferenciada sem crivagem;
- Estudo do tempo necessário para a obtenção de um vermicomposto, com grau de estabilização (maturação) máximo, tendo as minhocas como único substrato composto com origem num TMB.

12 Bibliografia

(26 de Abril de 1999). *Directiva 1999/31/CE do Conselho, relativa à deposição de resíduos em aterros*.

(5 de Fevereiro de 2001). *Acórdão do Tribunal da Relação do Porto, Processo: 0051741, Nº Convencional: JTRP00030797*.

(23 de Maio de 2002). *Decreto-Lei n.º 152/2002, que transpõe a Directiva 1999/31/CE do Conselho, de 26 de Abril de 1999, relativa à deposição de resíduos em aterros*.

(28 de Junho de 2007). *Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CEE) n.º 2092/91*.

(12 de Fevereiro de 2007). *Portaria n.º 187/2007, aprova o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU II)*.

(7 de Agosto de 2009). *Portaria n.º 851/2009, aprova as normas técnicas relativas à caracterização de resíduos urbanos*.

APA (não editado). (Outubro 2008). *ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS SOBRE QUALIDADE E UTILIZAÇÕES DO COMPOSTO (proposta)*. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente.

APA. (2009). *Caracterização*. (A. P. Ambiente, Ed.) Obtido em 15 de Janeiro de 2009, de Agência Portuguesa do Ambiente: <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/gestaoresiduos/RU/Documents/Caracterização%20física.pdf>

Battirola, D. M., Torres, V., & Scherer, E. (11 de Maio de 1998). *Avaliação da compostagem do lixo orgânico e do esterco bovino por diferentes agentes biológicos*. (C. d. Catarina, Ed.) Obtido em 25 de Setembro de 2008, de BIOTEMAS: www.biotemas.ufsc.br/volumes/pdf/restaurados/11_2/71-84.pdf

Boazman, K., & Lam, S. (28 de Junho de 2007). *AUSTRALIAN EARTHWORM TECHNOLOGY EATING UP HONG KONG FOOD WASTE*. Obtido em 2 de Dezembro de 2008, de Australian Consulate-General, Hong Kong, China: http://www.hongkong.china.embassy.gov.au/hkng/PR_20070628.html

Completo, J., Mestre, P., da Silva, P. A., Quintão, A., Coutinho, A., Almeida, C., et al. (Setembro de 2008). *Aplicação da Vermicompostagem ao Tratamento Mecânico e Biológico dos Resíduos Sólidos Urbanos com vista à Reciclagem de Embalagens de Plástico, de Vidro e de Metal - 1.º Relatório para a SPV*. Lisboa: Lavoisier.

Cordovil, C. M. (2004). *Dinâmica do azoto na reciclagem de resíduos orgânicos aplicados ao solo*. Alfragide: Instituto do Ambiente.

Decreto-Lei n.º 152/2002, estabelece o regime a que fica sujeito o procedimento para a emissão de licença, instalação, exploração, encerramento e manutenção de aterros destinados à deposição de resíduos. (23 de Maio de 2002).

Díaz, E. (2002). *GUÍA DE LOMBRICULTURA. Para emprendedores y productores del agro*. La Rioja: Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior, Municipio Capital de La Rioja.

Diaz, L. F., Savage, G. M., Eggerth, L. L., & Golueke, C. G. (1993). *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. Florida, EUA: Lewis Publishers.

Edwards, C. A. (2004). *Earthworm ecology* (2 ed.). Cairo: CRC Press.

EPA. (Setembro de 1979). *Risk Management Research (Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal)*. Obtido em 10 de Maio de 2008, de U.S. Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625179011/625179011.htm>

Gasser, J. (1985). *Composting of agricultural and other wastes: proceedings of a seminar organised by the Commission of the European Communities*. Brussels and Luxembourg: Elsevier Applied Science Publishers LTD.

Giant Blue Earthworms and Friends. (22 de Maio de 2008). Obtido em 21 de Novembro de 2009, de Scienceblogs: http://scienceblogs.com/zooillogix/2008/05/giant_blue_earthworms_and_frie.php

Gonçalves, S. M. (2001). *Proposta de Regulamentação sobre a Qualidade do composto para utilização na Agricultura*. Lisboa: Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva/IRB.

Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Florida: Lewis Publishers.

Heitor, F. P. (1958). *Os Lumbricidae de Portugal*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia.

Herlihy, T. E. (2008). *Vermicomposting of Organic Wastes*. Obtido em 11 de Dezembro de 2008, de Commonwealth of Pennsylvania Department of Environmental Protection: <http://www.depweb.state.pa.us/watersupply/lib/watersupply/InnovTechForum-IIIC-Herlihy.pdf>

Hogg, D., Barth, J., Favoino, E., Centemero, M., Caimi, V., Amlinger, F., et al. (2002). *Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia*. Oxon, Banbury, Reino Unido: Waste and Resources Action Programme.

Ibrahim, M. H. (2008). *Ecological Technology*. Obtido em 11 de Janeiro de 2009, de Prof. Madya Dr. Hakimi: <http://www.ppti.usm.my/Hakimi/ecological.html>

J. Hernández, L. M. (Junho de 2003). Altura del cantero en el comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia ssp*); bajo condiciones cálidas. *Rev. Fac. Agron* , vol.20, pp. 320-327.

Klapp, E. (1986). *Prados e pastagens* (2 ed.). Lisboa: Fundação Calauste Gulbenkian.

Longo, A. D. (1995). *Minhoca: de fertilizadora do solo a fonte alimentar* (4 ed.). São Paulo: Ícone.

Munroe, G. (2008). *Manual of On-Farm Vermicomposting and Vermiculture*. Canada: OACC-Organic Agriculture Centre of Canada.

Neto, J. P., & Mesquita, M. M. (1992). *Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos. Aspectos Teóricos, Operacionais e Epidemiológicos*. Lisboa: Laboratório de Engenharia Civil.

Peressinoto, A. (2001). *MANUAL PRÁTICO DE MINHOCULTURA* (3 ed.). (A. R. Peressinoto, Ed.) Campinas, Brasil: Anhumus.

Pinheiro, L., & Pássaro, D. Á. (Novembro de 2008). *PERSU II Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016 - Relatório de Acompanhamento 2007*. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Agência Portuguesa do Ambiente.

Quintino, V. (2001). *Os Anelídeos*. Obtido em 22 de Setembro de 2008, de Projecto BioRede: <http://www.biorede.pt/index1.htm>

Regulamento (CE) n.º 889/2008 da Comissão, que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica. (5 de Setembro de 2008).

Reichert, G. A. (2002). ATENUAÇÃO DA CARGA DE METAIS PESADOS DE LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIOS EM LEIRAS DE VERMICOMPOSTAGEM. *XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental* (p. 8). Cancún, México: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS).

Rodrigues, F. (2007). *Estudo do possível mercado do composto de RSU's - Nomeadamente para a floricultura*. Castelo Branco.

SBRT. (13 de Janeiro de 2008). *D O S S I Ê T É C N I C O: Minhocultura*. Obtido em 25 de Março de 2008, de Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas: <http://www.sbrt.ibict.br>

SBRT. (23 de Janeiro de 2008). *D O S S I Ê T É C N I C O: Minhocultura*. Obtido em 25 de Março de 2008, de Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas: <http://www.sbrt.ibict.br>

Schiedeck, G., Gonçalves, M. d., & Schwengber, J. E. (2006). *Circular Técnica 57: Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar*. Pelotas: EMBRAPA.

Scienceblogs. (22 de Maio de 2008). Obtido em 21 de Novembro de 2009, de Giant Blue Earthworms and Friends: http://scienceblogs.com/zooillogix/2008/05/giant_blue_earthworms_and_frie.php

Sherman, R. (2003). *Raising Earthworms Successfully*. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University.

Silveira, A. I. (1987). *Contribuição para o estudo da influencia da relação carbono/azoto no processo de compostagem de resíduos sólidos*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Sousa, B. H., & Mancini, S. D. (25 de Fevereiro de 2009). *Reciclando o Lodo de Esgoto*. Obtido em 1 de Março de 2009, de UNESP - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho": <http://www.sorocaba.unesp.br/>

Tucker, P. (2005). *CO-COMPOSTING PAPER MILL SLUDGES WITH FRUIT AND VEGETABLE WASTES*. England: University of Paisley.

VEOLIA Environmental Trust. (2006). *Adding value to waste derived compost: performance and environmental impact of a combined in-vessel composting and vermicomposting system*. Milton Keynes: The Open University.

13 Anexos

13.1 Datas da formação das diferentes pilhas de compostagem

Datas	Pilha n.º	kg
1 de Junho	1	4860
2 de Junho		1160
5 de Junho		4920
9 de Junho		4000
Total		14940

Datas	Pilha n.º	kg
3 de Junho	5	10380
8 de Junho		5300
9 de Junho		1520
Total		17200

Datas	Pilha n.º	kg
22 de Junho	1	1440
25 de Junho		5260
26 de Junho		1200
29 de Junho		4620
30 de Junho		2300
Total		14820

Datas	Pilha n.º	kg
15 de Junho	3	1420
16 de Junho		2240
17 de Junho		2640
18 de Junho		4020
19 de Junho		1120
20 de Junho		1220
Total		12660

Datas	Pilha n.º	kg
8 de Julho	2	3180
9 de Julho		3780
10 de Julho		3440
13 de Julho		1040
Total		11440

Datas	Pilha n.º	kg
24 de Julho	2	2540
27 de Julho		5540
28 de Julho		1480
31 de Julho		1180
Total		10740

Datas	Pilha n.º	kg
20 de Agosto	4	3880
21 de Agosto		6360
31 de Agosto		1180
Total		11420

Datas	Pilha n.º	kg
9 de Setembro	5	960
10 de Setembro		3500
15 de Setembro		3640
Total		8100

13.2 Boletins de análise das amostras Composto ADUBOM e RU



Ministério da
Agricultura,
do Desenvolvimento
Rural e das Pescas

DRAP Norte
Direcção Regional
de Agricultura e Pescas
do Norte

Divisão de Experimentação, Qualificação e Apoio Laboratorial
Laboratório de Química Agrícola e Ambiental

Boletim de Ensaio

Teste de Auto-aquecimento de Dewar*

Natureza da Amostra: Vermicomposto

Data de Registo: 06-11-09

Custo (SLN3a12):51,00 €

Refª Amostra	Nº registo	Temp. alcançada (°C)	Classe estabilidade	Grau de estabilidade
RSU-04-11-R.D'Ave	1311	17	V	Muito estável
RSU-Pilha 05-09R.D'Ave	1312	26	V	Muito estável

Gutezeichen Kompost RAL-GL, 252 (1992)

O Técnico Superior

O Responsável do Laboratório

Maria Manuela Costa
(Eng.ª Agrónoma)
Porto, 10 de Novembro de 2009

Maria Eduarda Ferreira
(Assessora Principal)

13.3 Relatórios de ensaio do vermicomposto resultante da Vermicompostagem do ADUBOM (A1/0911248) e do vermicomposto da vermicompostagem da pilha n.º 5 (A1/0911248)



Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 537 - 4200-072 Porto
Telefone +351 228340536/516 . Fax +351 228340516



RELATÓRIO DE ENSAIO

Quercus - ANCN

Dr. Pedro Carteiro

PROCESSO Nº: 0911248

Centro Associativo do Calhau - Bairro do Calhau -
Parque Florestal de Monsanto

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 12931

1500-045 Lisboa

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA					
A1/0911248	Vermicomposto de composto RSU - Riba d'Ave				
Classe de Amostra:	Composto	Legislação Aplicável:	Legislação não definida		
Tipo de Amostragem:		Efectuada por:	Cliente		
Colheita:		Recepção:	04/11/2009	Início da análise:	04/11/2009
Fim da análise:	10/11/2009			Emissão do Relatório:	10/11/2009

Este boletim não pode ser parcialmente reproduzido sem autorização por escrito dada pela direcção do nosso Laboratório. Os resultados referem-se exclusivamente às amostras recebidas e ensaiadas. Qualquer extrapolação é da exclusiva responsabilidade do cliente.

PARÂMETRO	Valor Obtido	Unidade	Referência do Método	Método de Ensaio	Valor de Referência
Azoto Kjeldhal*	16	g/kg N am. seca	SMEWW 4500-Norg B e NH ₃ C.	Volumetria	N/A
Azoto Total*	16	g/kg N am. seca		Cálculo	N/A
Cádmio Total	2,7	mg/kg Cd am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A
Chumbo Total	0,12	g/kg Pb am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A
Cobre Total	0,18	g/kg Cu am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A
Crómio Total	0,14	g/kg Cr am. seca	LCEA-PE017 (2007-08-029) (SMEWW 3111 D.)	EAA	N/A
Escherichia coli**	< 10	/g	pemi004	Isol. em meio selec.	N/A
Humidade	58	%	SMEWW 2540 G.	Gravimetria	N/A
Mercurio Total*	0,4	mg/kg Hg am. seca	SMEWW 3112 B.	EAA - VF	N/A
Níquel Total	37	mg/kg Ni am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A
pH (suspensão a 5%)	8,7	Escala de Sorénson	SMEWW 4500-H+ B.	Electrometria	N/A
Salmonella spp**	Ausente	/25g	pemi007	Isol. em meio selec.	N/A
Sólidos Totais	42	%	SMEWW 2540 G.	Gravimetria	N/A
Sólidos Totais Fixos	57	% (base seca)	SMEWW 2540 G.	Gravimetria	N/A
Sólidos Totais Voláteis	43	% (base seca)	SMEWW 2540 G.	Gravimetria	N/A
Zinco Total	0,81	g/kg Zn am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A

Notas - O ensaio assinalado com * não está incluído no âmbito da acreditação; O ensaio assinalado com ** foi subcontratado a um laboratório com o parâmetro não acreditado; O ensaio assinalado com *** foi subcontratado a um laboratório com o parâmetro acreditado; Os resultados expressos na forma <X, na coluna designada "Valor Obtido", são inferiores ao limite da quantificação do método; A amostragem não está incluída no âmbito da acreditação.

N/A - Não aplicável.

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - Edição em vigor

LCEA-PEXXX - Código interno do método.

Observações:
pH realizado a 22,0°C.

Comentários:

A Directora do Laboratório do CEA

Rosária Santos, Eng^a Química



Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 537 - 4200-072 Porto
Telefone +351 228340536/516 - Fax +351 228340516



RELATÓRIO DE ENSAIO

PROCESSO Nº: 0911248

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: 12932

Quercus - ANCN

Dr. Pedro Carteiro

Centro Associativo do Calhau - Bairro do Calhau -

Parque Florestal de Monsanto

1500-045 Lisboa

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

A2/0911248 Vermicomposto de RSU - Riba d'Ave - Pilha 5

Classe de Amostra: Composto

Legislação Aplicável: Legislação não definida

Tipo de Amostragem:

Efectuada por: Cliente

Colheita:

Recepção: 04/11/2009 Início da análise: 04/11/2009

Fim da análise: 10/11/2009

Emissão do Relatório: 10/11/2009

Este boletim não pode ser parcialmente reproduzido sem autorização por escrito dada pela direcção do nosso Laboratório. Os resultados referem-se exclusivamente às amostras recebidas e ensaiadas. Qualquer extrapolação é da exclusiva responsabilidade do cliente.

PARÂMETRO	Valor Obtido	Unidade	Referência do Método	Método de Ensaio	Valor de Referência
Azoto Kjeldhal*	17	g/kg N am. seca	SMEWW 4500-Norg B e NH ₃ C	Volumetria	N/A
Azoto Total*	18	g/kg N am. seca		Cálculo	N/A
Cádmio Total	2,4	mg/kg Cd am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A
Chumbo Total	0,14	g/kg Pb am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A
Cobre Total	0,17	g/kg Cu am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A
Crómio Total	0,26	g/kg Cr am. seca	LCEA-PE017 (2007-08-029) (SMEWW 3111 D.)	EAA	N/A
Escherichia coli**	39E1	/g	pemi004	Isol. em meio selec.	N/A
Humidade	11	%	SMCWW 2540 G.	Gravimetria	N/A
Mercurio Total*	0,4	mg/kg Hg am. seca	SMEWW 3112 B.	EAA - VF	N/A
Níquel Total	42	mg/kg Ni am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A
pH (suspensão a 5%)	8,3	Escala de Sorensen	SMEWW 4500-H+ B.	Electrometria	N/A
Salmonella spp**	Ausente	/25g	pemi007	Isol. em meio selec.	N/A
Sólidos Totais	89	%	SMEWW 2540 G.	Gravimetria	N/A
Sólidos Totais Fixos	59	% (base seca)	SMEWW 2540 G.	Gravimetria	N/A
Sólidos Totais Voláteis	41	% (base seca)	SMEWW 2540 G.	Gravimetria	N/A
Zinco Total	1,0	g/kg Zn am. seca	SMEWW 3111 B.	EAA	N/A

Notas - O ensaio assinalado com * não está incluído no âmbito da acreditação; O ensaio assinalado com ** foi subcontratado a um laboratório com o parâmetro não acreditado; O ensaio assinalado com *** foi subcontratado a um laboratório com o parâmetro acreditado; Os resultados expressos na forma <X, na coluna designada "Valor Obtido", são inferiores ao limite da quantificação do método; A amostragem não está incluída no âmbito da acreditação.

N/A - Não aplicável.

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - Edição em vigor

LCEA-PEXXX - Código interno do método.

Observações:


pH realizado a 21,2°C.

Comentários:

A Directora do Laboratório do CEA

Rosária Santos, Eng^a Química

13.4 Boletim de Análise do composto ADUBOM

	Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas	INRR, I.P. Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I.P.
---	---	--

BOLETIM DE ANÁLISE		2ª Via do Boletim Enviado em 17/05/02
REQUERENTE: SUMA – Serviços Urbanos e Meio Ambiente, SA	AMOSTRA Nº: 894 - B	
MOBILIDADE: Quinta do Mato	ENTRADA: 15/07/00	
4765 - 901 Riba do Ave	INÍCIO ANÁLISES: 04/08/00	
	CONCLUSÃO: 17/08/00	
IDENTIFICAÇÃO: ADUBOM 2 2000		
INDICAÇÃO DO RÓTULO:		
ACONDICIONAMENTO DA AMOSTRA		
RESULTADOS		
Humidade - EN 12040 ¹	47,8	%
pH (H ₂ O) - EN 13037 ¹	8,35	**
Condutividade Eléctrica (mS/cm, 25°C) - EN 13036 ¹	1,49	
Matéria orgânica - EN 13039 ¹	70,2	%
Azoto total, expresso em N - EN 13654 - 2: 2001	1,7	%
Azoto orgânico, expresso em N - Método Kjeldahl ¹	1,6	%
Azoto amoniacal, expresso em N - Método interno ²	0,08	%
Fósforo total, expresso em P ₂ O ₅ - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	0,79	%
Potássio total, expresso em K ₂ O - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	1,0	%
Cálcio total, expresso em CaO - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	8,1	%
Magnésio total, expresso em MgO - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	0,50	%
Sódio total, expresso em Na - Digestão HCl, Dosamento Fotómetro de chama ⁴	1,0	%
Compostos fenólicos - Método interno ^{2a}	18,4	%
Ácidos fenólicos - Método interno ^{2a}	8,4	%
Ácidos fenólicos - Método interno ^{2a}	12,0	%
Rotação C/N ⁵	24	
Ferro total, expresso em Fe - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	1,8	%
Cobre total, expresso em Cu - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	182	mg/kg
Zinco total, expresso em Zn - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	490	mg/kg
Manganês total, expresso em Mn - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	230	mg/kg
Níquel total, expresso em Ni - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	22,2	mg/kg
Crómio total, expresso em Cr - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	82,6	mg/kg
Cádmio total, expresso em Cd - Extração EN 13650, Dosamento EAA-GC ⁶	0,88	mg/kg
Chumbo total, expresso em Pb - Extração EN 13650, Dosamento ICP ³	123	mg/kg
Mercurio total, expresso em Hg - Mét. Combustão e EAA c/ Equipamento AMA 264 ⁷	0,27	mg/kg

NOTA: Resultados reportados à matéria seca e obtidos através de uma amostra média, exceto nas determinações de humidade, pH (H₂O), condutividade eléctrica, matéria orgânica, azoto e cloretos. O resultado reportado à matéria seca na determinação do azoto total foi apresentado de acordo com a EN 12040, de 1999.

A colheita, acondicionamento e transporte do material analisado são da inteira responsabilidade dos utentes.

Pág. 1 / 2



Unidade de Investigação de Ambiente e Recursos Naturais
Laboratório Químico Agrícola Roteiro de Sítio
Torre de Apala, Apartado 2228
1311-001 LISBOA, PORTUGAL

Tel: (+351) 213617740 Fax: (+351) 213616660
Email: geral@inrr.inia.pt
www.inia.pt/inia-agricultura.pt



Ministério da
Agricultura,
do Desenvolvimento
Rural e das Pescas

DRAP Norte
Direcção Regional
da Agricultura e Pescas
do Norte

Laboratório de Química Agrícola e Ambiental
Sector de Fertilizantes

BOLETIM DE ENSAIO

Suma-Serviços Urbanos e Meio
Ambiente, S.A.

Rua do Mar do Norte, Lote 1.03.2.1B, 1.º
1998-017 Lisboa

Natureza da amostra:
Composto Orgânico
Ref.º da amostra:
Adubom 18-7-2008

N.º Registo: 651
Data de reg.: 25-07-08
Data de conclusão: 23-08-08
(SIN) euros: 90,00

Análise Microbiológica		Nível máximo (98/488/CE)
Pesquisa de Salmonella / 25 g	Neg	Ausente
NMP Escherichia coli / 1 g	<3	< 1000
NMP coliformes fecais / 1 g	<3	-

NMP - Número mais provável

Metodologia analítica utilizada: Pesquisa de Salmonella spp: NP-370; Pesquisa de Escherichia coli: NP-2164 e NP-2300

Observações:

O Técnico

Henrique Gomes

O Responsável do Laboratório

António Fernandes

Processado por computador

Porto, 26-08-2008

R. Restauração, 336
4050-501 Porto
Tel. 226062448/2045
Fax 226063759

13.5 Testes de fitotóxicidade do vermicomposto resultante da Vermicompostagem do ADUBOM (Reg.91) e do vermicomposto da vermicompostagem da pilha n.º 5 (Reg.92)

Divisão de Experimentação Qualificação e Apoio Laboratorial
Laboratório de Química Agrícola e Ambiental
Sector de Ensaios Biológicos

Relatório de Ensaio

Natureza da amostra: Vermicomposto de RSU
Referência: RSU-04-11-R.D'Ave (Reg.91)
RSU-Pilha 05-09-R.D'Ave (Reg.92)
Empresa: QUERCUS

Nº de Registo: 91 e 92
Data de início: 22-01-2010
Data conclusão: 03-02-2010
(SLN3a14) Euros: 165,00 €
Custo total: 165x2 = 330 €

TESTE DE FITOTOXICIDADE

Quadro 1 – Resultados do teste fitotóxicidade – Resposta da cevada à aplicação de proporções crescentes 0, 25 e 50% de vermicompostos ref^a. Resultados expressos em g de peso fresco e seco de produção de biomassa e em % de produção relativa. (Valores médios e respectivos desvios-padrão, N = 3)

Modalidades	Produção biomassa (g)		Produção relativa (%)
	Peso fresco	Peso Seco	
Teste	22,1±1,0	1,6±0,1	100
V ₀ /25	20,5±0,6	1,4±0,1	87,9
V ₂₅ /50	18,3±0,8	1,4±0,1	87,5
V ₂₅ /25	19,8±2,1	1,5±0,2	94,1
V ₅₀ /50	14,7±2,3	1,3±0,2	81,3



Figura 1 – Vista geral do teste de fitotóxicidade, 12 dias após a sementeira da cevada.



Figura 2 – Comparação do desenvolvimento da cevada pela aplicação de proporções crescentes 0,25 e 50% do vermicomposto ref^o 91



Figura 3 – Comparação do desenvolvimento da cevada pela aplicação de proporções crescentes de 25 e 50% do vermicomposto de RSU Ref^o92.

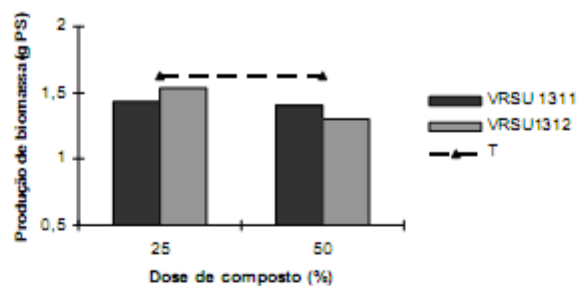


Figura 4 – Representação gráfica da produção de biomassa de cevada, expressa em gramas de peso seco obtida pela aplicação do vermicomposto ref^o 91 (1311) e 92(1312), comparativamente à da modalidade testemunha.



Figura 5 – Comparação do desenvolvimento da cevada obtido com a aplicação do vermicomposto RSU 91 com o de Ref^o 92, pela aplicação da proporção de 25 % de turfa e composto (v/v)



Figura 6 – Comparação do desenvolvimento da cevada obtido com a aplicação do vermicomposto RSU Ref^o 91 com o de Ref^o 92, pela aplicação da proporção de 50 % de turfa e composto (v/v)

Interpretação dos resultados

O teste de fitotoxicidade de crescimento de cevada (Souteiro & Baptista, 2001) permite apreciar o grau de maturação de um composto orgânico e certificar de que o composto em estudo não apresenta agentes de fitotoxicidade. Também fornece uma indicação relativamente ao tipo de utilização mais adequada face à qualidade apresentada.

Apesar de a aplicação de proporções crescentes, 25 e 50 % das amostras de vermicomposto de RSU testadas com a Ref. ^o 91 (RSU-04-11-RD'Ave) e 92 (RSU -Pilha 05-09-RD'Ave), não induzir uma redução significativa na produção de biomassa foliar da cevada comparativamente à obtida na modalidade testemunha (Quadro 1), os valores da produção relativa são inferiores aos de referência que constam no Quadro 2 (Souteiro & Baptista, 2001), o que denuncia alguma fitotoxicidade manifestada pelos compostos testados. Por conseguinte o vermicomposto Ref. ^o 91 encontra-se na situação C e o vermicomposto Ref^o 92 na situação B. De acordo com esta classificação só o composto com a Ref.^o 92 apresenta qualidade para ser usado como correctivo orgânico do solo. O composto Ref.^o 91 apresenta restrições de utilização. Nenhum dos vermicompostos tem qualidade para ser usado como substrato para viveiro ou envasamento.

Material e Métodos

O composto previamente crivado (malha 10 mm) é adicionado à turfa de pH corrigido nas proporções de mistura de 25 e 50 %, volume/volume (Quadro 2), e a mistura fertilizada com 65 mg de N-P-K.

Quadro 2 – Quantidade de cada um dos componentes para os vários tratamentos

Tratamentos	Teor de composto (ml)	Teor de turfa (ml)
T0	0	500
25	125	375
50	250	250

Após colocação da mistura composto+turfa, no respectivo vaso de 500 ml, distribuem-se superficialmente 50 sementes de cevada (*Hordeum vulgare* L.) que se cobrem com uma camada de 100 ml de solo arenoso. Durante o ensaio a perda de água por evapotranspiração é compensada mediante a rega com água desionizada. O ensaio termina quando se verifica que na maioria dos vasos da modalidade testemunha (turfa), as primeiras folhas definitivas da cevada apresentam maior desenvolvimento do que as cotilédones. Para avaliar a produção da biomassa são determinados o peso verde e seco da parte aérea da cevada. Para a secagem, as amostras são colocadas em estufa a 60°C.

A presença de fitotóxicidade é avaliada pelos valores médios de acumulação de biomassa de cevada produzida nas modalidades 25 e 50 % comparativamente à obtida na modalidade testemunha. Para a interpretação dos resultados há que converter unidades de peso em % de produção relativa de biomassa (PRB) (a).

$$PRB = [\text{produção obtida na modalidade (MS)} / \text{produção obtida na modalidade testemunha (MS)}] \times 100 \quad (a)$$

A interpretação dos resultados é efectuada com base no método de referência com a designação teste de fitotóxicidade que consta na "Proposta de Norma para Qualidade do Composto para utilização na agricultura" de Souteiro & Baptista (2001), que se encontra resumida no quadro 3.

Quadro 3 - Interpretação dos resultados da produção relativa (%), de acordo com Proposta Souteiro e Baptista, 2001

	Modalidades		Interpretação
	25 %	50 %	
Situação A	> 90	> 90	O composto apresenta óptima qualidade e pode ser usado como substrato de suporte de culturas
Situação B	> 90	≤ 90	O composto está suficientemente maturado para ser usado como correctivo orgânico do solo mas não pode ser usado como constituinte de suportes de culturas
Situação C	≤ 90	≤ 90	O composto não apresenta qualidade para ser usado como correctivo orgânico e a sua utilização é restrita

Referências Bibliográficas

Gonçalves, M, Souteiro & Baptista, 2001. Proposta de Regulamentação sobre a Qualidade do composto para utilização na Agricultura. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva/ IRB Lisboa

O Técnico Responsável

Maria Manuela Costa
(Técnico Superior Principal)

13.6 Testes com resíduos de embalagem PET



Raquel Carpinteiro – Quality
Cristina Barbosa - Production

Date: 20/01/2010
Página: 1 de 5

Subject: Processamento do material proveniente da Vermicompostagem

1 – Condições de processamento

A amostra recepcionada apresentava-se muito contaminada com húmus, comparativamente à matéria-prima habitual recepcionada pela SPV (material de ECOPONTO).

Este material foi submetido às condições habituais de lavagem, que são as que se apresentam na tabela abaixo.

Pré-lavagem	
Temperatura da solução (°C)	60
Concentração de Soda na solução (%)	1,5
Triagem e Trituração	
Caudal de água no moinho (m ³ /h)	4
Lavagem	
Temperatura da solução - Reactores (°C)	80
Tempo de lavagem (s)	420
Temperatura da solução - Tanque (°C)	87
Concentração de Anti-espumante (%)	0,1
Concentração de LFS20 na solução (%)	2,50
Secagem	
Temperatura do ar de secagem (°C)	150

Tabela 1 – Condições de processamento



Raquel Carpinteiro – Quality
Cristina Barbosa - Production

Date: 20/01/2010
Página: 2 de 5

2 – Resultados

Efectuando uma análise visual aos flakes resultantes, constata-se que estes se apresentam bastante mais contaminantes que os flakes resultantes da matéria-prima habitual, conforme se pode constatar nas figuras apresentadas seguidamente.

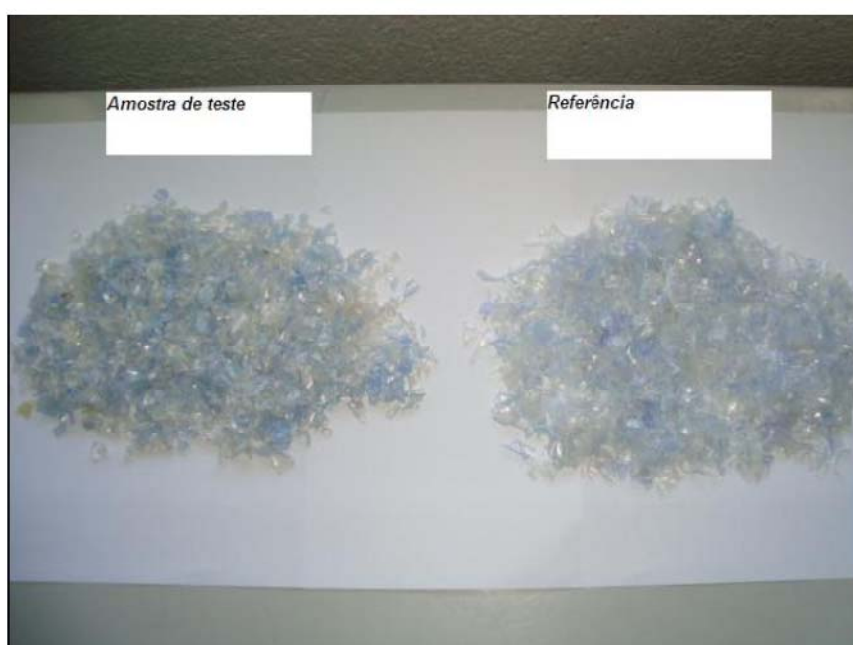


Figura 1 – Amostras de flakes resultantes do material da vermicompostagem (“Amostra teste”) e resultantes da matéria-prima habitual (“Referência”)



Raquel Carpinteiro – Quality
Cristina Barbosa - Production

Date: 20/01/2010
Página: 3 de 5



Figura 2 - Amostras de flakes resultantes do material da vermicompostagem (“Amostra teste”)



Figura 3 - Amostras de flakes resultantes da matéria-prima habitual (“Referência”)



Raquel Carpinteiro – Quality
Cristina Barbosa - Production

Date: 20/01/2010
Página: 4 de 5

Na tabela abaixo apresentam-se os resultados dos ensaios laboratoriais efectuados à “Amostra teste” e comparação com os resultados obtidos com os flakes provenientes da matéria-prima habitual.

Ensaio		Resultado “Amostra teste”	Resultado flakes habituais
Contaminantes	Cores (ppm)	1648	68
	Poliolefinas (ppm)	0	200
	Etiquetas (ppm)	36	127
	Metais (ppm)	0	12
	PVC (ppm)	18	52
	Flakes com cola (ppm)	78	181
	Flakes amarelos (ppm)	8672	5000
	Outras contaminações (ppm)	0	15
Cores	L*	68.99	63.11
	a*	-2.71	-3.26
	b*	-0.57	-4.93

Tabela 2 – Resultados dos ensaios laboratoriais

Analisando a tabela, verifica-se que a “Amostra teste” apresenta um nível de “Flakes amarelos” bastante superior aos flakes habituais. Verifica-se igualmente que o valor do parâmetro de cor b* relativo à “Amostra teste” indica que esta amostra se apresenta bastante mais amarela do que o habitual.



Raquel Carpinteiro – Quality
Cristina Barbosa - Production

Date: 20/01/2010
Página: 5 de 5

3 – Conclusões

A habitual receita de lavagem não foi eficiente no que toca à retirada de contaminantes orgânicos residuais uma vez que a matéria-prima se apresentava bastante mais contaminada que o habitual.

O material produzido apenas pode ser utilizado na produção de fibras têxteis e não na produção de filme alimentar.

Teria que ser efectuada uma segunda lavagem na Selenis Ambiente, uma pré-lavagem no processo de vermicompostagem ou adoptar uma receita com um tensioactivo adequado.

Raquel Carpinteiro
Quality Department

Cristina Barbosa
Production

13.7 Testes com resíduos de embalagem de Vidro



Relatório

No seguimento dos contactos havidos com a Quercus serve o presente para evidenciar os resultados sumários obtidos com o processamento do resíduo de vidro proveniente de operação de Vermicompostagem produzido pela Lavoisier.

1. Entrada do resíduo na Vidrociclo

Em baixo é mostrado o registo efectuado para entrada deste material na Vidrociclo.

Data	No. Enc.	Cód. Localização	Pedido de Retoma	Nº Guia Transporte	Guia de Remessa	Modelo A -GAR	Peso VC	Peso da Origem
No.	4							
Nome	Vidrociclo, Reciclagem de							
Waste Material Code	1004	Municipal 1004						
09-12-09	ORD012837	Lavoisier, Lda	NA	10136	0	12578009	0,44	0,44
Total de Catalogo Mat. Interno		Municipal 1004					0,44	0,44
Total: Vidrociclo, Reciclagem de							0,44	0,44

Abaixo as fotos do resíduo à chegada.



Amostra recepcionada



Comparativo casco proveniente vermicompostagem versus recolha selectiva

2. Caracterização do Resíduo

A amostra recolhida (440kg) é demasiado pequena para que se possa efectuar uma qualificação laboratorial representativa deste tipo de material. Após análise visual detalhada foi possível constatar que este material, comparativamente com resíduo equivalente proveniente de recolha selectiva (ver foto acima), evidencia:

- Muito menor índice de contaminação orgânica + plásticos;
- Menor índice de contaminação metálica (tampas não-ferrosas de garrafas, carcasas ferrosas, etc.) e de infusíveis (cerâmicos, pedras, etc);
- Uma granulometria média superior (com poucos finos, moínha de vidro).

3. Processamento Industrial

Mais uma vez não foi possível quantificar a melhoria obtida em sede de processo industrial dada a reduzida quantidade da amostra recepcionada. A Vidrociclo está dotada para um silo de 30 toneladas (média) sendo que (aproximadamente) ½ tonelada deste material foi introduzido no silo quando este se encontrava quase vazio. Acompanhado o vidro ao longo do processo verificou-se que, na sequência da avaliação qualitativa visual efectuada à anteriori, não foram visíveis quaisquer



Relatório

constrangimentos em produção, quer em sede de escolha manual (não existem “monos” como sejam revistas, jornais, sacos plásticos fechados e cheios, etc) quer por via de escolha automática (reduzida constaminação e ausência de moínha de vidro).

O N/controlo de qualidade on-line, numa observação cuidada no tempo aproximado de passagem deste resíduo em fábrica (15min, a uma velocidade de processamento aproximada de 25 ton/h), aprovou o produto resultante de acordo com especificações aprovadas pela Industrial Vidreira para admissão deste material como matéria-prima para a fusão e consequente produção de novas embalagens de vidro.

4. Conclusões

Da muito breve experiência havida foi possível concluir, apesar de a amostra recepcionada não permitir efectuar avaliação quantitativa prerepresentativa, que este resíduo comparativamente com o seu par proveniente de recolha selectiva:

- Exibe um nível de contaminação exibida inferior;
- Apresenta uma granulometria média superior,

Ambas as condições indicando um potencial de aproveitamento industrial superior. De qualquer forma, há que ter em atenção que com o aumento previsível das quantidades obtidas não seja cometido o mesmo erro (evitável) que aconteceu com a recolha selectiva que:

- Para acumular maior quantidade o resíduo em parque o mesmo é acumulado em altura, muitas das vezes por componentes mecânicos e consequentemente partido;
- Que não haja contaminação em função de armazenamento indevido próximo de outros materiais.

Como abordagem inicial este ensaio foi bastante prometededor quanto ao potencial do resíduo de vidro proveniente da vermicompostagem.

A Vidrociclo de clara-se desta forma interessada e disponibiliza-se para negociar a compra de maiores quantidades deste resíduos de vidro.

Paulo Roque
28DEZ09

13.8 Informação sobre a reciclabilidade dos resíduos de embalagem de PEAD e PEBD

Assunto: Fwd: Sirplaste

De: Centro de Informação de Resíduos da Quercus <cirquercus@gmail.com>

Data: Sun, 10 Jan 2010 22:51:43 +0000

Para: "Pedro Carteiro (Quercus)" <pedrocarteiro@quercus.pt>

----- Forwarded message -----

From: **Ricardo** <ricardo@sirplaste.pt>

Date: 2010/1/10

Subject: Sirplaste

To: residuos@quercus.pt

Rui,

Como sabes ainda não efectuámos o processamento do material das “minhocas” que nos enviaram.

No entanto e pela análise visual que fiz consigo dizer que tem condições de ser reciclado sem muitos problemas.

Assim que efectuarmos os testes de processamento envio-te o resultado.

Cumprimentos,

Ricardo Pereira

--

QUERCUS – ANCN

Centro Associativo do Calhau

Bairro do Calhau

Parque Florestal de Monsanto

1500-045 Lisboa

Internet: <http://residuos.quercus.pt>

N.I.F. 501 736 492

>> Por favor não imprima esta mensagem se não precisa dela em papel <<